



Cuaderno 00:

Memoria explicativa del tipo de buque y
servicio al que destina

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun
Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Evolución histórica.....	3
3. Tipos de remolcadores.....	4
3.1 Por la función y la zona de trabajo.....	4
3.2 Según el tipo de propulsor	5
3.3 Por modos de operación del sistema de remolque.....	11
4. Características generales de remolcador.....	13
5. Características de buque proyecto.....	14
5.1. Especificación de buque proyecto.....	14
5.2. Disposición general.....	14
5.3. Servicios especiales.....	15
6. Referencias.....	19



1. Introducción

En este primer cuaderno se trata de dar un resumen de las características técnicas y del diseño de un remolcador, partiendo de su evolución histórica y distinguiendo entre los diferentes tipos.

Los remolcadores se clasifican por dos criterios, primero según la función y la zona de trabajo, segundo según el tipo de propulsión.

Se dará una breve reseña sobre los modos de operación y las consideraciones generales del diseño, incluyendo la estabilidad, la maquinaria principal, el casco, etc. Después de las referencias generales anteriormente nombradas, trataremos de citar la especificación de nuestro remolcador dando las características especiales como el sistema de lucha contra incendios, el sistema de anti contaminación y salvamento. Se hará un estudio previo del papel que desempeñara.



2. Evolución histórica

Los remolcadores surgieron como botes de remos, para ayudar a realizar la maniobra a los veleros en la entrada y la salida de puerto debido a las condiciones desfavorables de viento. La función de remolque ha sido adoptada por buques de pesca en cuanto a la maniobrabilidad con redes.

Durante muchos años Holanda encabezó el mercado del remolque de salvamento que se dedicaban al rescate de embarcaciones y al remolque de dragas. A principios del siglo XIX (1830), aparece el primer remolcador con una máquina de vapor que era accionada mediante ruedas de palas, que luego fueron sustituidas por una hélice convencional.

En 1950 y a partir de la segunda guerra mundial todos los buques adoptaron el motor diesel, con el objetivo de conseguir aplicar su fuerza a otro buque con mayor tiro a punto fijo.

En 1954 han surgido remolcadores tractor con la propulsión Cicloidal Voith Schneider por la eficacia del propulsor. Posteriormente remolcador con maquinaria diésel eléctrica. Tras la introducción de los propulsores azimutales tractor apareció una subvariedades como el Rotor Tug y el Ship Docking Module.

En cuanto a los remolcadores convencionales, evolucionaron mediante la introducción de distintos tipos de toberas entre ellas las toberas Kort, hélices de maniobra en proa, propulsión Schottel y túnel antisucción, etc. que permiten aumentar su tracción posteriormente apareció otro tipo de remolcador Azimuthal Stern Drive (ASD).

Hoy día, hay dos tipos de remolcadores según la zona de propulsión:
Convencional y Azimutal que son de popa, Cicloidal y Azimutal que son de proa.



3. Tipos de remolcadores

Los remolcadores se clasifican por dos modos:

- Por la función y la zona de trabajo
- Por operación del sistema de remolque

3.1 Por la función y la zona de trabajo

- Remolcador de altura

Este tipo de remolcador es el más parecido al buque convencional. Se diseña según: tenga una buena tracción, seguridad de navegar y remolcar bajo cualquier condición meteorológica. Dentro de ésta clase de buques se encuentran los remolcadores de escolta, que se dedican a acompañar a los grandes petroleros, gaseros, etc. en sus pasos por rías, canales y en algunos puertos. También se puede incluir los buques que sirven de apoyo logístico a plataformas petrolíferas como Buques Supply y Ancleros.

- Remolcadores Costeros y de Puerto

El remolcador de puerto tiene la misión de remolcar y ayudar para maniobra a los buques en la entrada y salida de puerto. Se diseña con el criterio de tener la menor eslora y calado posible para conseguir una evolución más eficaz. Normalmente un remolcador de puerto tiene que servir también como uno costero. Al ser las exigencias reglamentarias menores en los remolcadores de puerto se reduce el coste, construyendo más de ese tipo.

- Remolcadores de escolta.

Son remolcadores que acompañan a los buques que tienen algún daño, fallo, avería o accidente producidos por otros fallos, con objeto de mantener la integridad del buque, el medio ambiente y las posibles vidas humanas puestas a riesgo.

Deben tener buena maniobrabilidad y gobierno, una visibilidad adecuada y un buen sistema de señalización así para tener mínimo tiempo de respuesta en situaciones críticas.

- Remolcadores para Terminales de Crudo

Son similares a los de puerto, solo que operan en zonas donde haya vertidos.

- Remolcadores de lucha contra la contaminación

Se clasifican según que tengan tanques de almacenamiento y concentración de vertidos o no. Los primeros contarán con tanques donde puedan almacenar los vertidos que se hayan realizado al mar. Para la recogida de tales vertidos y limpieza de



la zona deberán contar con medios para el largado de barreras, manejo y posicionamiento de los Skimmers, así como de tangones para poder utilizar despertantes o elementos físicos o químicos que hagan más fácil la lucha contra la contaminación.

Los segundos contarán con los mismos medios anteriores, pero sin tanques donde almacenar los vertidos.

- Remolcador de Salvamento

Este tipo de buque se desempeña su papel en ocasión de accidente salvando las vidas que están en peligro, lo que requiere una gran velocidad y gran maniobrabilidad y defensas para poder abarloarse a cualquier buque. Deberán disponer también de medios de izados mecánicos, equipos de salvamento y una zona de acogida con un pequeño hospital.

3.2 Según el tipo de propulsor

- Propulsión convencional: hélice con paso fijo
 - Hélices de paso variable
 - Hélices con tobera
 - Propulsión azimutal, Schottel: hélices con toberas tipo Kort
 - Propulsión voith-schneider: hélices cicloidales, azimutales
- Propulsión convencional

Este tipo de hélice es un dispositivo mecánico formado por un conjunto de elementos denominados palas o álabes, montados de forma concéntrica y solidarios de un eje que, al girar las palas trazan un movimiento rotativo en un plano. Los primeros diseños tenían entre 3 y 6 palas, aunque con el paso del tiempo se determinaría que los mejores rendimientos se darían para buques con hélices de 3 ó 4 palas. Es tipo de hélices están situadas a popa y tienen un eje rigido que llega hasta el motor.

- Hélices de paso variable

Las hélices de paso variable o palas controlables son un tipo de propulsores cuyas palas pueden girar alrededor de su eje para cambiar su ángulo de ataque. Muchas veces, estas hélices se utilizan para invertir el movimiento, es decir, que pueden crear una inversión de empuje si el ángulo de ataque se sitúa en valores negativos, lo cual permite el frenado o la marcha atrás sin necesidad de cambiar la dirección de rotación.

En los tiempos en que los primeros buques navegaban, se pensó en la conveniencia de poder variar el paso u orientación de estas palas. En principio se barajaron diferentes hipótesis para llevar a cabo los giros de las palas mediante mecanismos externos



operados desde cubierta o un mecanismo localizado en el interior del núcleo y enviado a través de una barra situada en el interior del eje hueco del propulsor(perduró).

La tecnología para el cambio del paso ha ido perfeccionándose hasta la actualidad ya que las fuerzas necesarias para girar las palas son excesivas ya que son del orden del empuje que proporcionan.



Variable pitch propeller for ships (4 blades, adjustable)

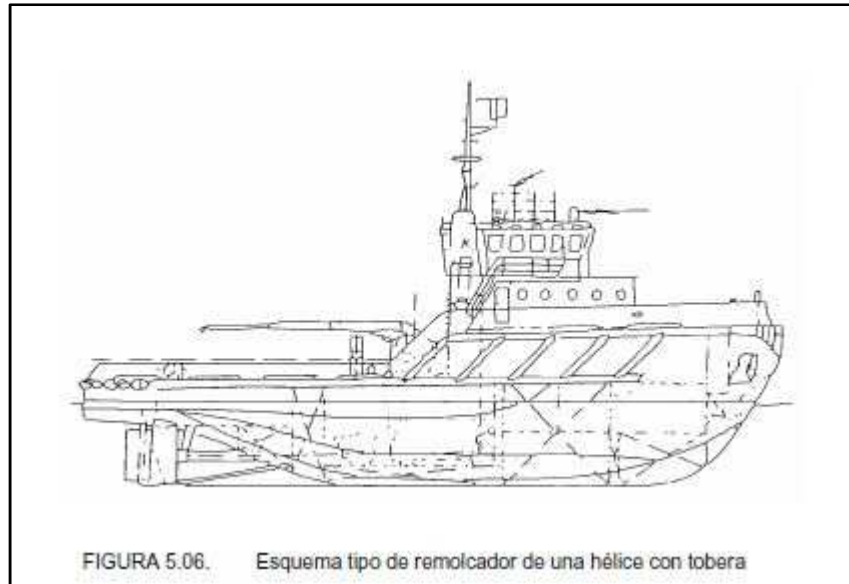
- Hélices con tobera

Este sistema aumenta el empuje de la hélice para una potencia dada y el rendimiento del propulsor, esto se consigue gracias a que la tobera dirige agua hacia el propulsor con un incremento de velocidad que origina una depresión en la entrada de la misma, lo que da lugar a que la propia tobera también empuje.

Para 1933 ya se diseñaban buques propulsados mediante estas hélices, sobre todo remolcadores por aumento de la capacidad de remolque, buques con poca velocidad y mucha carga en los que se montaban toberas de gran tamaño.

Otra utilidad que tienen estas toberas es que, si giran alrededor de un eje vertical sobre la hélice y se orientan, se puede desviar el chorro haciendo que la tobera participe también de timón.

Lo de propulsión convencional suelen usar en Supply de apoyo de plataformas Offshore, y remolcadores de altura y salvamento.



- Propulsión azimutal

Es una combinación de propulsión y gobierno, Consiste en una hélice con eje vertical sobre el que puede darse un giro 360º significa que toda la potencia de entrada está disponible para maniobrar.

De esa manera, el propulsor puede orientar su impulso mejorando la maniobrabilidad y en casos, que sea innecesario el uso del timón. Se ha instalado en remolcadores, especialmente los que necesitan maniobrabilidad absoluta. Este tipo de propulsores viene aplicándose cada vez en mayor medida, además de muchas ventajas.

Estos sistemas pueden disponer de hélices de paso fijo o variable, siendo las de paso fijo las más utilizadas para remolcadores, transbordadores y barcos de abastecimiento. Por otro lado también pueden disponer de propulsores retráctiles, que se utilizan como propulsión auxiliar para posicionamiento dinámico en los buques.

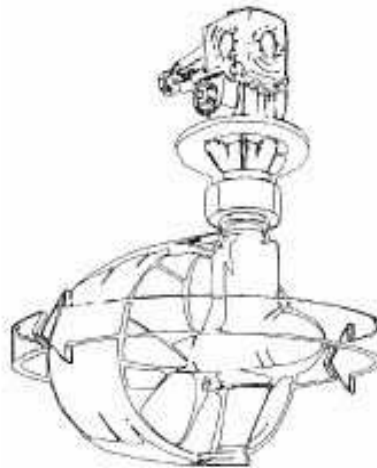
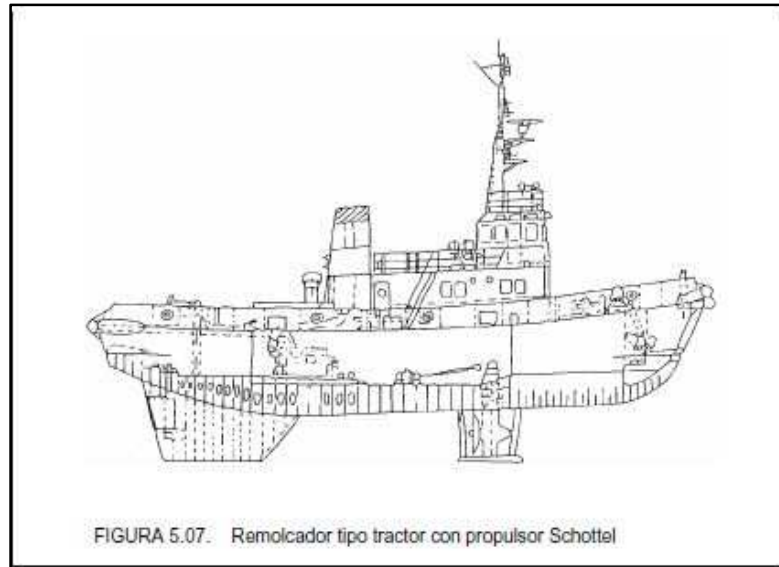
Unos tipos de esta propulsión es hélice de timón Schottel que se aplica en los remolcadores de todas las clases, en la navegación interior o en el mar abierto, en aplicaciones en alta mar, bajo condiciones tropicales o árticas, el SRP se puede encontrar en todas partes.

Ventajas:

- Máxima maniobrabilidad
- Máxima eficacia
- Operación económica
- Instalación para ahorrar espacio
- Mantenimiento sencillo
- Alta fiabilidad



- Optimizada en términos de la cavitación y vibración
- Diseño fiable
- Hélice de paso variable o fija
- Conducción Z o L



Sistemas <<Schottel>>



En Schottel entra la propulsión transversal como Thruster, que son indispensable para maniobrar y para un posicionamiento dinámico. Se instalan propulsores (hélices) transversales en la proa o en la popa con el fin de mejorar la maniobrabilidad del buque. Dependiendo del tipo de buque, el rango de aplicación para los propulsores transversales se extiende desde un uso breve y para atracar o desatracar en los puertos con un número limitado de horas de trabajo al año, hasta un funcionamiento continuo en condiciones extremas de carga y en demandas exigentes en alta mar con posicionamiento dinámico. Las maniobras que tienen estos tipos, son sencillas permiten un rendimiento del empujado alto con la hélice funcionando a una velocidad periférica de hasta 33 m / s. En aplicaciones marinas duras, las hélices funcionan con las palas a velocidades más bajas.

Los propulsores transversales de Schottel pueden ser alimentados por motores diesel, motores eléctricos o motores hidráulicos. Cuando se utilizan las hélices de paso fijo, los motores eléctricos e hidráulicos permiten que se invierta el sentido del empuje. Se requiere una caja de cambios adicional si la hélice está propulsada por un motor diesel. Los tipos de hélice transversal STT 1 a 5 están disponibles con paso fijo o con paso variable.

Diseño óptimo para mejor empuje, el empuje es el criterio decisivo de una hélice transversal. Por ese motivo, Schottel concede gran importancia a un diseño de hélice óptimo que este adaptado individualmente a la geometría del buque en cada caso. Al mismo tiempo, el diseño de la hélice tiene en cuenta las necesidades especiales en términos de nivel de ruido que son relevantes en el uso. Un parámetro importante para la eficacia de una hélice transversal es el tamaño de la separación entre el túnel y la hélice, que schottel ha reducido al mínimo en todos los modelos.

Ventajas:

- Para las condiciones extremas de trabajo, por ejemplo, en el sector off-shore
- Para servicio continuo y de tiempo limitado.
- Baja emisión de ruido
- Disponible con las hélices de paso variables o fijas
- Diseño compacto dada la disposición horizontal, vertical o inclinada de la brida de entrada de fuerza
- Combinable con motores diesel, hidráulica o eléctrica





- Propulsión Voith-Schneider(VSP)

Consta de una rueda de paletas articuladas que contiene un conjunto de álabes verticales de perfil hidrodinámico mediante los cuales, durante todo el giro de la rueda, se consigue que el empuje sea positivo. Cada uno de estos álabes puede cambiar de orientación girando individualmente sobre su propio eje vertical haciendo que el conjunto provea empuje en cualquier dirección que se desee.

Los barcos que montan este propulsor suelen tener poco calado y necesitar una gran maniobrabilidad. Se puede conseguir un bajo consumo de combustible durante las operaciones de maniobra y las realizadas en mar adentro, sin por ello reducir la seguridad y su eficacia.

Estos tipos de propulsión se una para remolcadores de puerto y escolta debido aquí requieren mucha maniobrabilidad. Las ventajas principales de las hélices (VSP) para la propulsión de buques modernos son:

- Control continuo del empuje en magnitud y dirección.
- Empuje y eficacia de la propulsión iguales en todas las direcciones.
- Control del buque que se corresponde con el eje principal del barco.
- Funcionamiento de los motores principales con velocidad constante o variable en función de las condiciones de maniobra, modo DP o marcha libre, teniendo en cuenta la eficiencia óptima de combustible de los sistemas de accionamiento Diésel directo y diesel-eléctrico sin dar marcha atrás.
- Funcionamiento a muy baja velocidad y, por lo tanto, fiable con elevados márgenes de seguridad en condiciones extremas de servicio y con una esperanza de vida tan alta como la del barco.

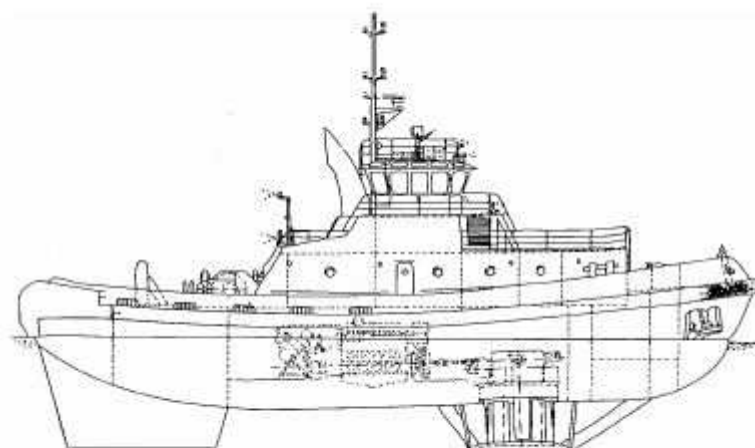
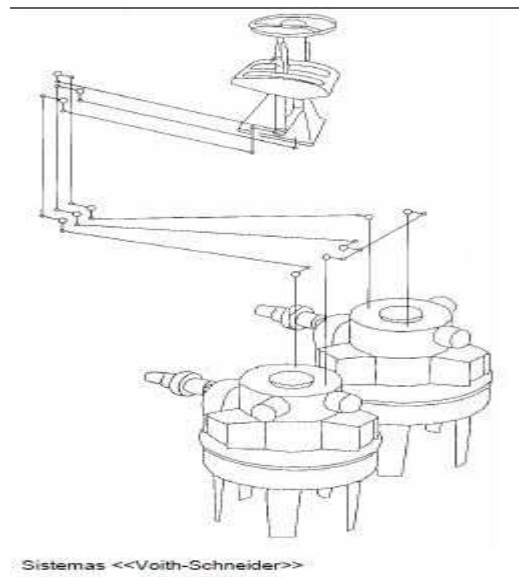


FIGURA 5.08. Remolcador tipo tractor con propulsor Voith-Schneider



3.3 Por modos de operación del sistema de remolque

- Tiro directo

Cuando la fuerza suministrada por las hélices azimutales la aplicamos sobre el cabo de remolque en la misma dirección en la que tenemos orientado este, estamos efectuando tiro directo, remolcando con el cabo firme en el barco, este sistema del tiro es la más utilizada y del que mayor rendimiento se obtiene a buque parado o con baja velocidad. A pesar del sistema más recomendado tiene sus limitaciones, la principal se produce sobrecarga en los motores, cuando tiran por la popa con la intención de frenar un barco con arrancada superior a los 6 nudos. No cabe duda que la posición del remolcador donde se obtiene mayor rendimiento, es situándole por la popa del buque asistido para controlar el rumbo y la velocidad. Si la velocidad con que el barco va avante es superior a los 5 o 6 nudos, el rumbo se controlara mejor por el método indirecto (que el apartado siguiente hablaremos con más detalle sobre este método).

Para el freno del barco surgieron precauciones, el patrón debe ajustar la potencia de los motores suavemente, a la velocidad que va el barco, y posteriormente ir aumentándola a la vez que se vigilan las indicaciones de los mismos, con el objeto de impedir una sobrecarga de los motores, cuando se utilizan hélices de paso fijo.

Otra precauciones a tener en cuenta es la de alargar un poco el cabo del remolque, para que los azimutales del remolcador no trabajen muy próximos a la hélice y al timón del buque asistido, ni dentro de La estela de este.

- Tiro indirecto

Como se ha mencionado en el apartado anterior, si la velocidad del buque es superior a los 6 nudos, con el remolcador hecho firme en la popa, el rumbo y la parada del buque se controlara mejor por el sistema de tiro indirecto, haciendo uso de las fuerzas



hidrodinámicas proporcionadas por el casco del remolcador, nos proporcionarán mayor fuerza que la suministrada por los azimutales del remolcador.

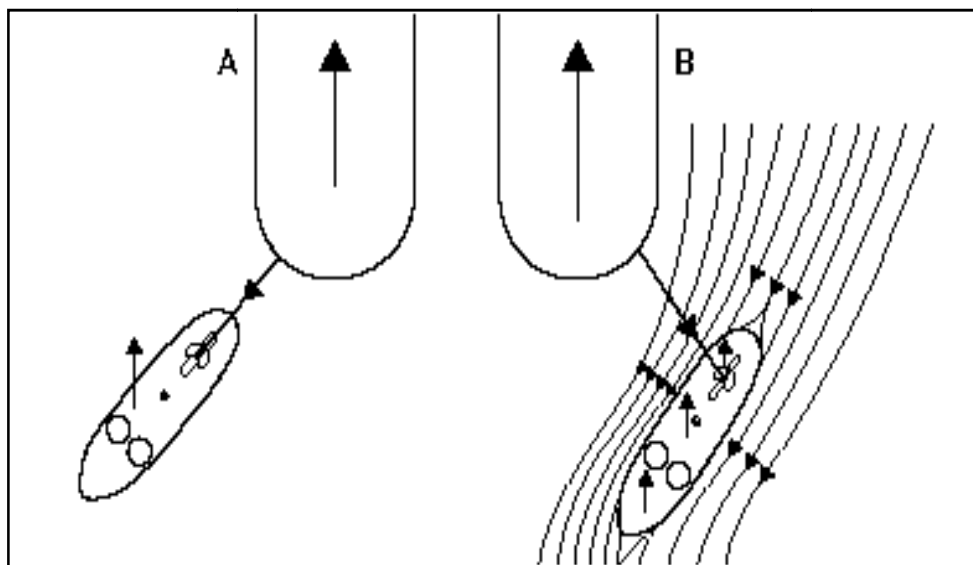
El tiro indirecto se conseguirá cuando las hélices azimutales trabajan en una dirección diferente a la línea del cabo, es decir el remolcador gobierna con cierto ángulo de ataque respecto al flujo del agua y las fuerzas necesarias para el frenado y dirección del buque son creadas por el efecto hidrodinámico del rozamiento del agua contra el casco del remolcador.

En este método los azimutales son empujados para mantener la dirección del remolcador y controlar la posición con respecto al buque asistido.

El tiro indirecto es el mejor método para ayudar a un buque con buena arrancada avante a efectuar giros pronunciados, se emplea también empujando a un buque en el momento final de la maniobra o cuando se está realizando un reviro en espacio limitado, en el primer caso y debido a la disposición de sus hélices azimutales puede empujar de dos maneras; la tradicional apoyando su popa al costado del buque empujando, o abarloándose al buque asistido con el costado y empujando con toda la superficie del costado con lo que conseguirá mayor estabilidad, y repartir la carga de este en una superficie mayor, la ventaja principal de utilizarlos abarloados o de carnero para efectuar reviros en áreas confinadas, es evitar cualquier tipo de arrancada no deseada trabajando de manera similar a las hélices transversales, pero con mucha más fuerza.

Los remolcadores dispuestos perpendiculares a la marcha, y en los grandes buques en los que el espejo de popa alcanza la línea de flotación, se colocan con el cabo templado pegados al espejo. con este sistema se consiguen mayores fuerzas hidrodinámicas sobre el casco del remolcador al presentar esta mayor superficie al flujo de la corriente de marcha.

Modos de operación





4. Características generales de remolcador

Las principales características de remolcador son las siguientes:

- Maniobrabilidad

Los remolcadores de última generación pueden girar 360° en su misma eslora y pasar de todo adelante a todo atrás en dos esloras como máximo. Pueden navegar en cualquier dirección, lo que les permite, por ejemplo, seguir al buque en la dirección más favorable.

Los propulsores, bien cicloidales o azimutales están situados a popa en los ASD o en proa en los tractores, que es la posición más eficiente. Los movimientos se consiguen manteniendo el equilibrio entre la fuerza del cabo de remolque y el empuje del remolcador, eliminando el peligro de hundimiento por la componente transversal del cabo de remolque, como ocurría con los remolcadores convencionales.

- Tracción en cualquier dirección

Es una característica de todos los sistemas propulsores modernos que el tiro puede ser ejercido en cualquier dirección, casi instantáneamente, sin ángulos intermedios de tiro. Como resultado se obtiene un tiro elevado, con un control rápido, delicado y preciso. Los cintones y defensas están dispuestas de tal manera que proporcionan continuidad a lo largo del casco, sin salientes entre la proa o popa y los costados, ya que el remolcador moderno es capaz de empujar bien con la proa, con la popa o con los dos costados contra el buque asistido.

- Forma del casco

Una de las características distintivas de estos buques es su puntal relativamente reducido. Todo ello está encaminado a mantener a baja altura el punto de remolque, que subiría mucho con un castillo, poniendo en peligro la estabilidad. Mantener el punto de remolque a baja altura es un factor importante para la estabilidad de este tipo de buques. Los vértices de popa del casco suelen estar redondeados con un gran radio, posibilitando el giro contra el casco de un buque durante las operaciones portuarias.

- Potencia

La potencia del remolcador será igual a la potencia de tracción del remolcado (EHP), más la potencia que el remolcador necesita por sí mismo para desarrollar sin remolque la velocidad de remolque considerada.



5. características de buque proyecto

5.1. Especificación de buque proyecto

- Tipo de Buque: Remolcador de altura, de Salvamento contraincendios y Antipolución.
- Tiro a punto fijo: 60 t
- Clasificación y cota: bureau Veritas: AUT_UMS, Salvage TUG, OIL Recoveryship, FIREFIGHTING_E and UNRESTRICTED NAVIGATION.
- Velocidad en pruebas: 12 nudos al 90% MCR
- Autonomía: 6000 millas
- Sistema de propulsión: la propulsión azimutal.
- Personas : 10 tripulantes y 9 Náufragos

5.2. Disposición general

- Disposición de remolcador

Para un remolcador, el casco suele disponer de un largo 'talón de quilla 'o quillote situado a popa, que proporciona máximo brazo de palanca entre el punto de contacto con el buque asistido y el punto de aplicación del empuje, también proporciona máxima distancia posible entre el punto de contacto y superestructura de remolcador y genera transición continua entre remolque y empuje sin variación de dirección de remolcador.

Las formas del casco suelen estar diseñada con doble codillo, lo que facilita la labor de construcción y proporciona adecuadas características hidrodinámicas para las tareas de remolque. El casco tiene arrufo y un francobordo superiores al reglamentario, para asegurar un buen comportamiento en la mar así como una cubierta seca. Estos tipos de buques tienen una sola cubierta, la popa de esta cubierta es la zona de trabajo, donde van dispuestos todos los elementos para remolque.

Los tanques de combustible están situados en el doble fondo de la cámara de máquinas, como nuestro proyecto es buque de contraincendios, los tanques de espumogeno están situados en doble fondo, bajo cámara de máquinas.

La habilitación está situada sobre la cubierta principal, encima de cámara de máquinas. La cámara de máquinas se encuentra en la zona central del buque por ser una zona más amplia, y lleva los motores principales, las bombas de contraincendios y los demás equipos.

El puente, encima de la habilitación está diseñado para obtener una visibilidad óptima, con este objetivo lleva acristalado todo su perímetro. Los accesos serán protegidos de la intemperie.



5.3. Servicios Especiales

- Sistema de remolque

El tiro a punto fijo de 60 t cuenta con una maquinilla de remolque con doble tambor en cascada, con capacidad suficiente de cable en cada uno de ellos y perfectamente protegida de la intemperie, el cable suele moverse libremente sobre la cubierta orientándose de acuerdo con la posición relativa entre el remolque y el remolcador. Para ello se disponen en cubierta en popa, defensas tubulares en ambas bandas, sobre los que desliza el cable de remolque. Cuando el remolque es en alta mar, el cable pasa a través de gateras, antes el cable pasaba por una horquilla en forma A y actualmente de unos rodillos.

El gancho de remolque se dispone de un sistema de disparo neumático con accionamiento local a ambas bandas y el remoto desde el puente, adicionalmente está equipado con un sistema de disparo rápido en caso de emergencia, cuando se alcanza un determinado ángulo de escora bruscamente. Para conseguir una perfecta maniobrabilidad del buque durante las tareas de aproximación y salvamento, el gancho se sitúa a 2 m de la cubierta principal para tener más estabilidad.



La maquinilla de remolque la que mencionamos antes, se llama el chigre, situada en la línea central y cerca del gancho para manejar el cable, suele ser de accionamiento hidráulico y se maniobra localmente desde el puente.





- Sistema de salvamento

Para la tarea de salvamento, el buque debe estar equipado con un sistema de detección de naufragos y seguimiento, que además permite localizar embarcaciones y manchas de vertidos de hidrocarburos, etc. Cuenta también con un sistema de grabación permanente de video y está conectado a los proyectores de búsqueda, de tal manera que una vez localizado un naufrago éstos se orientan automáticamente y se encienden, iluminando la zona para facilitar su recogida a bordo.

Otros equipos instalados para el salvamento de personas son:

- una embarcación de rescate rápido, equipada con un completo sistema de navegación y comunicaciones.
- Un pescante basculante automáticos para el arriado e izado del bote de rescate, capaz de operar en condiciones de mar adversa.
- Dos proyectores de búsqueda de control remoto.
- Dos escalas de acceso desde la flotación a la cubierta, enrasadas en el casco.
- Equipos de supervivencia, trajes de inmersión, chaleco, trajes de buceo, ayudas térmicas, etc.

- Sistema de Contraincendios

El sistema está especificada por equipo Fi-F1 para la extinción de incendios en otros buques o en la costa, dispone de:

- Bombas de contraincendios.
- Monitores de control remoto para agua/espuma.
- Sistema de rociadores en el casco para la aproximación al incendio.
- Equipo de detección de personas en ambiente con humos.

En la siguiente tabla representa tres clases C1, C2 Y C3 de requisitos de sistema contraincendios establecidos por la sociedad de clasificación Det Norske Veritas. En la especificación de buque proyecto la cota mencionada anteriormente Fi-F1, lo que lleva a cabo elegir clase 1:

EQUIPO	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
Numero de monitores	2	3 o 4	4
Capacidad monitor,/u	1200 m ³ /h	2400 o 1800 m ³ /h	2400 m ³ /h
Capacidad total bombas	2400 m ³ /h	7200 m ³ /h	9600 m ³ /h
Numero de bombas	1-2	2-4	2-4
Altura de chorro	50 m	80 m	90 m
Alcance horizontal del chorro	120 m	150 m	150 m
Capacidad F.O para monitores	24 h	96 h	96 h



- Bombas de contraincendios:

Aparte de los números y capacidad fijados en la tabla anterior para bombas, se puede también diseñarla con criterio de que trabaja lo más cerca posible de su punto de máximo rendimiento sin causar daños por cavitación. La velocidad de la bomba contraincendios suele ser de 1800 rpm, lo cual asegura la posibilidad de ser movida por el motor principal. Según clasificación de Fi-F1 las bombas serán del tipo wáter spray.

- Monitores de control remoto para agua/espuma:

Son De Lanzas Independientes, cuando la capacidad es superior a 800 m³/h es conveniente el empleo de lanzas independientes. En cambio los de Lanza Común, se usan con capacidad hasta 800 m³/h y es necesario introducir aire en la mezcla agua y espumógeno.



Remolcador *María Pita* (BS-14) haciendo una demostración de su sistema contraincendios

- Sistema de Antipolución

Los sistemas utilizados para luchar contra la contaminación marina producida por los derrames de petróleo incluyen tanques de almacenamiento de producto químicos y residuos de crudo y un equipo de recogida de derrames constituido por:

- Barres inflables
- un 'Skimmer', un tanque neumático
- Dos sistemas de tamices, Barrera de ataque activo contra derrames, material absorbente y equipo de limpieza con agua caliente a presión
- Una bomba hidráulica portátil, sumergible.



Otra alternativa de lucha anticontaminación la constituye, en lugar de la recogida, la utilización de líquidos dispersantes, que se emiten a través de rociadores. Se disponen de tangones giratorios y rociadores servidos por una bomba de agua salada y una bomba dosificación del dispersante con el fin de fraccionar las manchas de petróleo para facilitar su degradación y desaparición natural.

Los parámetros a tener en cuenta en la elección de un dispersante son:

- Toxicidad para la vida marina
- Persistencia en el medio marino
- Eficacia en las condiciones dadas, coste, etc.



6. Referencias

- Rules for the classification "Bureau Veritas"
- Revista "SIGNIFICANTE SMALL SHIPS" 2008
- El proyecto básico del buque mercante. Fondo editorial de Ingeniería Naval, Alvariño, R., Azpíroz, J.J., y Meizoso, M.
- Aspectos de la Seguridad Marítima en Buques Remolcadores Dr. Jaime Rodrigo de Larrucea. Profesor de Derecho Marítimo (UPC).
- Circular n 2/79 de la DGMM
- Schottel para propulsores, www.schottel.de



Cuaderno 01:

Dimensionamiento

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun

Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Buques similares, base de datos.....	3
3. Dimensionamiento	4
3.1 Estimación de Potencia.....	5
3.2 Estimación de Desplazamiento.....	6
3.3 Estimación de Eslora.....	8
3.4 Estimación de Manga.....	10
3.5 Estimación puntal.....	12
3.6 Estimación de coeficiente de bloque.....	14
3.7 Estimación de calado.....	15
3.8 Estimación de coeficientes de carena.....	16
4. Comprobación de Francobordo y de número de froude.....	18
5. Comprobación de las relaciones dimensionales.....	18
5.1. Relación adimensional L/B.....	18
5.2. Relación adimensional B/D.....	18
5.3. Relación adimensional L/D.....	19
6. Comprobación de estabilidad.....	19
7. Estimación de peso y capacidad de tanques.....	20
7.1 Peso específico de combustible	20
7.2 Peso de aceite de lubricación.....	21
7.3 Tanque de agua dulce.....	21
7.4 Peso de víveres.....	21
7.5 Peso de Tripulación.....	22
7.6 Pertrechos.....	22
7.7 Fluidos en circuitos	22
8. Referencias.....	23



1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo se trata de dimensionar el buque proyecto mediante otros buques de Características similares recién diseñados. Partiendo de una base de datos se establece un buque base que nos facilita recopilar suficiente información para hacer un dimensionamiento aproximado a la realidad.



2. BUQUE SIMILAR. BASE DE DATOS

Mediante una búsqueda en revistas ‘Significant Ships’ y ‘ingeniería naval’ y viendo también proyectos facilitados por algunos astilleros, hemos obtenido la siguiente base de datos:

Remolcador	LOA (m)	LPP (m)	B (m)	D (m)	T (m)	BHP(hp)	TPF(t)	V (nk)	DISW (t)	PM(t)	GT (t)	ASTILLERO	PROPULSION
JUAQUIN TORRES	--	28,5	8,7	4,8	3,94	2725	44	13	--	--	263	Grupo boluda	cow
VB CARIBE	--	34	10,6	4,95	4,5	4200	50	12	--	--	--	Grupo boluda	2 Schottel
VB PACIFICO	--	30,3	10,6	5		5000	52		--	--	--	Grupo boluda	Azimutal Stern Drive
VB NORA	--	30	9,85	5,4	4,2	4054	55	13	--	--	358	Grupo boluda	Azimutal
REMOLCANOSA	--	36,9	8,5	4		4200	58	13	--	--	--	REMOL. NOSA TERRA	Tobera
Maria de Maeztu	39.7	34.52	12.5	5.8	4.2	5019	60	13	1345	--	907	zamakona	Azimuta 2 hélice
Ailette	53	49.37	13	6.75	4.5	5280	64	14.5	1500	1002	--	Dieppe	Tobera
Salvaree	48	45.58	13	5.8	4.8	4940	65	13.3	--	--	838	--	Tobera
Damen PCST	53.37	48	13.6	6.02	4.6	5222	74	13	--	930	1347	Damen	Tobera
Ras Isa	45	39.5	13	6	5	7260	85	14.5	1650	780	--	Zamakona	Tobera
Off Valencia	60.08	54	13	6	4.6	6120	87	14.5	1543	--	1113	Murueta	Tobera
Thorax	45.48	41.12	13.8	7.6	6.6	7200	90	14.5	--	733	1229	Simek	Azimutal
Merou	59.35	51.8	15	6.51	5.3	8000	100	13.9	2343	1476		Waterhuizen	Tobera
Alonso de Chaves	63.9	57	13.3	6.4	5.5	8640	105	15	2606	1549	1134	Astander	Tobera

Astillero	Nombre	Tipo	Lpp	B	D	TRB	BHP	Propulsión	Tiro y Tareas
BOLUDA INTERNAC.	GOLFO DE MEXICO	ALTURA Y SALV.	54.5	11	3.95	493	3256	Convencional, 2 hél.	40 C.I.
OCEAN GOING	BOLUDA MISTRAL	ALTURA Y SALV.	32	9.5	5.05	361	4000	Convencional	45 C.I., A.P.
REBATE	CORIA	ALTURA Y SALV.	28.7	9	4.7	338	3900	Convencional	47 C.I., A.P.
GRUPO BOLUDA	SERTOSA DIECISIETE	ALTURA Y SALV.	29.89	8.8	5.3	262	3800	T. Fija Tow-Master	48 2 ChigC.I.
SERTOSA	SERTOSA DIECIOCHO	ALTURA Y SALV.	29.9	8.8	5.3	262	3800	T. Fija Tow-Master	48 2 Chi C.I.
GRUPO BOLUDA	BANDAMA	ALTURA Y SALV.	37	10	5	432	4134	Convencional, 2 hél.	52 C.I.,A.P.
REBATE	V.B. TENERIF	ALTURA Y SALV.	26.8	9.85	5.4	375	5000	Azimutal Stern Drive	52 Chigre, CI
GRUPO BOLUDA	V.B. PACIFICO	ALTURA Y SALV.	30.3	10.6	5	408	5000	Azimutal Stern Drive	52 C.I.
GRUPO BOLUDA	V.B. CORAL	ALTURA Y SALV.	26.8	9.8	5.4	375	5000	Stern Drive	52 Chigre, CI.
GRUPO BOLUDA	V.B. CARIBE	ALTURA Y SALV.	30.3	9.8	5.4	374	5000	Azimutal Stern Drive	52 C.I.
COVARESA	V.B. SAGARZOS	ALTURA Y SALV.	26.8	9.85	5.4	375	5000	Azimutal Stern Drive	52 Chigre, CI
GRUPO BOLUDA	ALBIREO	ALTURA Y SALV.	30	9.45	5.4	360	4600	Stern Drive ,2 hél	53.6 F.F. 1
GRUPO BOLUDA	PUNTA TARIFA	ALTURA Y SALV.	32.5	9.1	5.5	309	4800	Convencional	54 C.I., A.P.
REMOL. IBAIZABAL	IBAIZABAL UNO	ALTURA Y SALV	36.9	9.6	5.2	430	4500	Convencional	55 C.I.A.P.
BOLUDA INTERNAC.	GOLFO DE ROSAS	ALTURA Y SALV.	51.84	11.58	4.07	588	3000	Convencional, 2 hél.	55 C.I A.P.
REMOL. NOSA TERRA,	REMOLCANOSA.	ALTURA Y SALV.	36.9	8.5	4	277	4200	Tobera Fija	58 C.I.
REMOL. NOSA TERRA.	REMOLCANOSA	ALTURA Y SALV.	38,6	10,5	5,7	583	5057	Tobera Fija	66,2



Especificación de buque proyecto:

- Tipo de Buque: Remolcador de altura y salvamento contra incendios y Antipolución.
- Tiro a punto fijo: 60 t
- Clasificación y cota: Bureau Veritas: AUT_UMS, Salvage TUG, OIL Recovery Ship, FIREFIGHTING_E, UNRESTRICTED NAVIGATION.
- Velocidad en pruebas: 12 nudos al 90% MCR
- Autonomía: 6000 millas
- Sistema de propulsión: la propulsión azimutal.
- Personas : 10 tripulantes y 9 Náufragos

Encontramos en la recopilación de flota de buques tres buques de características similares 'Ailette', 'María de Maeztu' y 'VB Nora', observando el más parecido es María de Maeztu por tener el mismo tiro a punto fijo. Es el primer remolcador de altura salvamento construido en España, también se puede usar 'Ailette' para el dimensionamiento.

Buque	LOA(m)	LPP(m)	B(m)	D(m)	T(m)	BHP(hp)	TPF(t)	V(kn)	DISW(t)
Ailette	53	49.37	13	6.75	4.5	5280	64	14.5	1500
María de Maeztu	39.7	34.52	12.5	5.8	4.2	5019	60	13	1345
Buque de proyecto	-----	-----	-----	-----	-----	-----	60	12	-----
VB NORA	-----	30	9,85	5,4	4,2	4054	55	13	-----

3. Dimensionamiento

Trata de estimar mediante método de regresión lineal y formulas empiricas las dimensiones siguientes:

- Potencia
- Desplazamiento
- Eslora
- Manga
- Coeficiente de Bloque
- Puntal
- Calado
- Francobordo



3.1. Estimación de Potencia

La potencia es un parámetro esencial debido que es directamente proporcional al tiro a punto fijo (característica principal del servicio de remolque). El remolcador buscado será de la mínima potencia necesaria para suministrar el tiro requerido.

- **Método del Proyecto Básico de Buque Mercante**

Existe una relación que relaciona la potencia instalada (BHP) con el tiro a punto fijo (TPF). El coeficiente K_1 se obtiene a partir del tipo de propulsión en la tabla de libro 'Proyecto básico de buque mercante'.

$$PB \text{ (kw)} = K_1 \cdot TPF \text{ (t)}$$

Para un buque de dos hélices con tobera azimutal, se estima un coeficiente K_1 de 55-60, en este caso cogemos 60.

$$PB = 60 \cdot 60 = 3600 \text{ kw} = 4823 \text{ HP}$$

Calculando el coeficiente K_1 para buque María de Maeztu de dos hélices tobera azimutal (55-60):

$$K_1 = 3744 \text{ kw} / 60 = 62.4$$

Este coeficiente no es válido debido a que esta fuera del intervalo 55-60.

Para el buque de base VB NORA de 55 TPF de propulsión tipo azimutal.

$$K_1 = 3024 \text{ kw} / 55 = 55$$

Se observa que el coeficiente es muy bajo aunque esta en rango permitido.

Viendo otra alternativa, buque Ailette (BHPB=5280 hp= 3941kw, TPFB=64 t) de propulsión dos hélices con timón -tobera del intervalo (55-60).

El coeficiente real:

$$K_1 = 3941 \text{ kw} / 64 = 62$$

Entre los tres coeficientes obtenidos; 62.4, 62 y 55 cogemos:

$$K_1 = 62$$

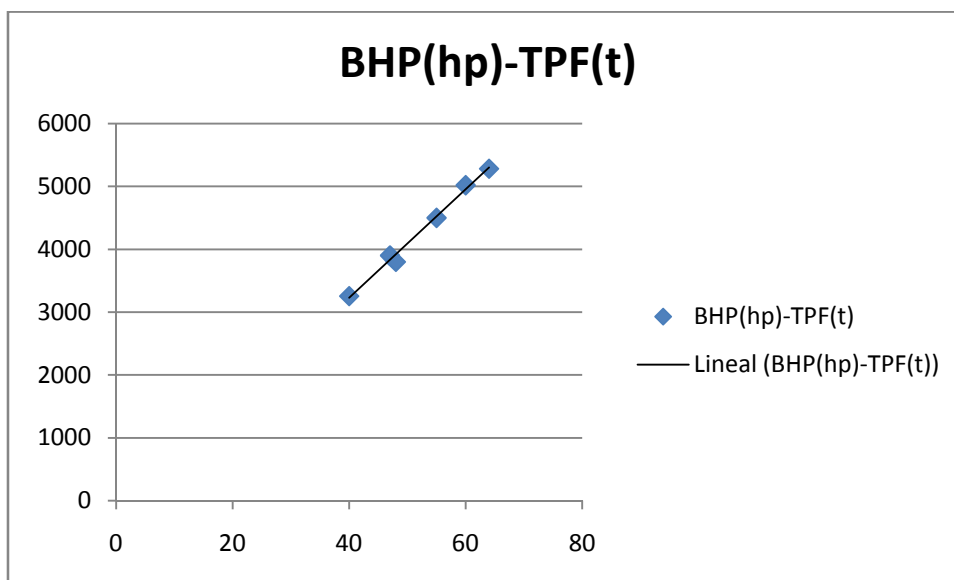
La potencia del buque proyecto:

$$PB = 62 \cdot 60 = 3720 \text{ kw} = 4984 \text{ HP}$$



- **Regresión lineal a partir de nuestra base de datos**

Para cálculo de la potencia de este modo, se debe realizar un gráfico en el que se presenta el tiro a punto fijo en función de la potencia usando método de regresión de la gráfica BHP –TPF, de ahí se obtiene la línea de tendencia.



Con las ecuaciones de la línea de tendencia obtenidas de la grafica:

$$y = 86.35x - 226,4$$

Sustituyendo el tiro 60 t de buque proyecto en la ecuación de línea de tendencia obtenemos la potencia:

$$PHB = 4956 \text{ hp} = 3696 \text{ kw.}$$

Para que le diseño tiro potencia sea eficaz, se toma el valor mínimo de la potencia estimada por los dos modos:

$$PHB = 3696 \text{ kw}$$

3.2. Estimación de Desplazamiento

- **Método de Proyecto Básico del Buque Mercante**

Se estima el desplazamiento, DISW (t), en función de la potencia propulsora, PHB (kw) y de la velocidad en aguas libres, V (kn), mediante la siguiente expresión:

$$DISW = K_2 * PHB^{1.5} / V^2$$



Teniendo en cuenta la escasa información sobre el desplazamiento de buques de base de datos. Estimando el desplazamiento de buque de proyecto en función de buque base Ailette:

$$K_{2B} = \text{DISW}_B * V_B^2 / \text{BHP}_B^{1.5} = 1500 * 14.5^2 / (5280 * 0.746)^{1.5} = 1,276$$

$$\text{DISW} = 1,276 * 3646^{1.5} / 12^2 = 1950.8 \text{ t}$$

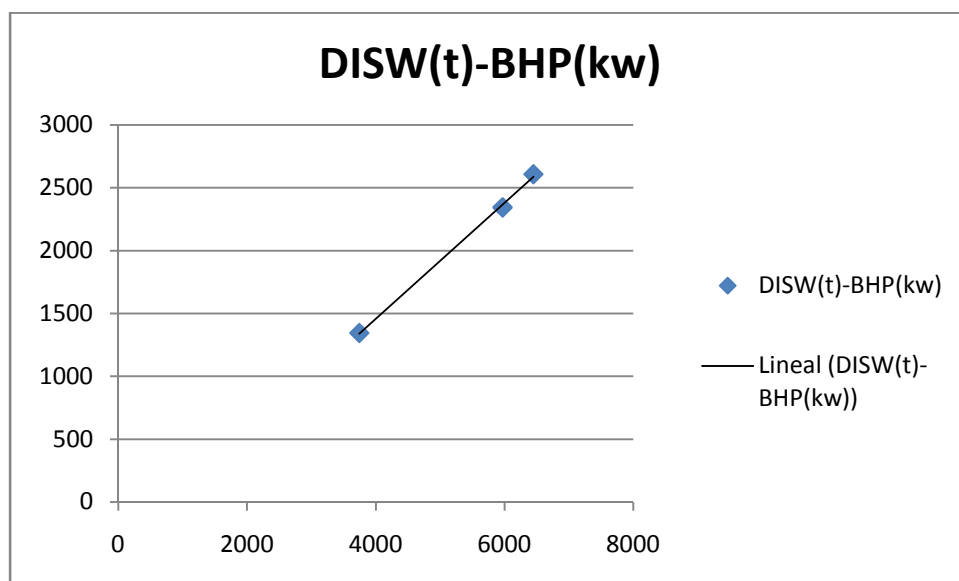
Se observa que el desplazamiento es demasiado grande, lo que lleva a cabo estimarlo en función del buque base María de Maeztu:

$$K_{2B} = \text{DISW}_B * V_B^2 / \text{BHP}_B^{1.5} = 1345 * 13^2 / (5019 * 0.746)^{1.5} = 0,992$$

$$\text{DISW} = 0,992 * 3696^{1.5} / 12^2 = 1548 \text{ t}$$

- **Método de la línea de regresión**

Citar una grafica en que se representa el desplazamiento DISW en función de potencia BHP partiendo de base de datos.



Obtenemos de la grafica la ecuación de la línea de tendencia: $y = 0.460 x - 385.9$

Sustituyendo en la ecuación la potencia estimada (Kw) obtenemos el desplazamiento.

$$\text{DISW} = 0.460 \cdot 3696 - 385.9 = 1314 \text{ t}$$

El desplazamiento final será el mínimo valor:

$$\text{DISW} = 1314 \text{ t}$$



3.3. Estimación de Eslora

La eslora es la característica relevante de la que se derivan las restantes dimensiones principales excepto el calado, que se obtiene a partir de los condicionamientos operacionales.

Se relaciona con las formas que condicionan la resistencia al avance como el coeficiente de bloque CB y número de Froude Fr, se trata de conseguir un equilibrio entre la geometría del buque (su eslora) y unos requerimientos de potencia propulsora razonables, que se deducen de las formas de la carena. La variación de L produce un incremento del mismo signo en el peso estructural. Esta dimensión estructuralmente más cara, en cuanto al aumento de la eslora aumenta la superficie mojada y por tanto la resistencia viscosa, sin embargo disminuye la resistencia por formación de olas, por lo que en general la resistencia total presenta un mínimo.

Se presenta el límite superior de variación de L por problemas de peso y rigidez, que se detecta por valores altos de L/D y el límite inferior por problemas de gobernabilidad del buque, valores bajos de L/B.

- **Método del Proyecto Básico del Buque Mercante**

Se estima la eslora mediante la eslora y el desplazamiento de buque base usando la fórmula siguiente.

$$L_{pp}^3 (m^3) = K_3 * DISW (t)$$

Donde $K_3 = 65.57$, valor obtenido interpolando el desplazamiento en la tabla 2.11.3 del libro 'Proyecto básico de buque mercante', para 1314 t la eslora será:

$$L_{pp} = 44.17 \text{ m}$$

Estimación de eslora mediante un buque de base Aliette:

$$K_{3B} = 49.37^3 / 1500 = 80.22$$

$$L_{pp} = (80.22 * 1314)^{1/3}$$

$$L_{pp} = 47.24 \text{ m}$$

Estimación de eslora mediante un buque de base 'María de Maeztu':

$$K_{3B} = 34.52^3 / 1345 = 30.58$$

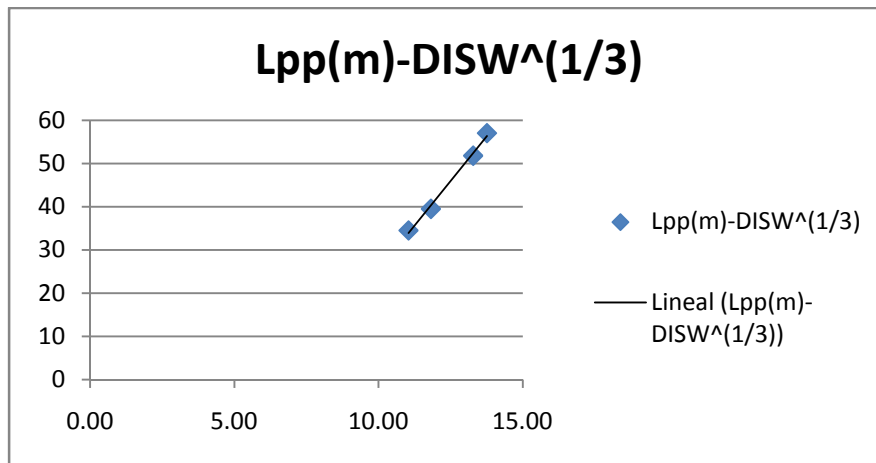
$$L_{pp} = (30.58 * 1314)^{1/3}$$

$$L_{pp} = 34.25 \text{ m}$$



- **Método Regresión lineal a partir de nuestra base de datos**

Representando la grafica de la eslora en funcion de desplazamiento segun la formula citada anteriormente.



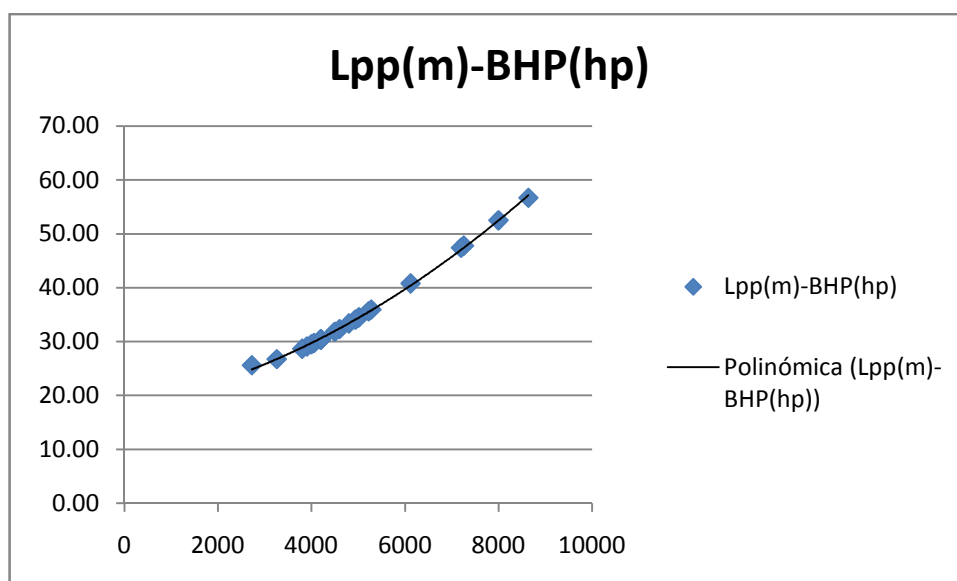
Como no hay desviación en la grafica lo que explica que la línea de regresión es bastante ajustada: $y = 8.245 x - 57.15$

La eslora estimada en función del desplazamiento de 1314 t será:

$$Lpp = 33 \text{ m}$$

Se puede también determinar la eslora en función de la potencia según la fórmula siguiente:

$$Lpp = - 10.3 + 7.15 \cdot 10^{-3} \cdot BHP + 44773 / BHP$$





La curva es bastante ajustada con la línea de tendencia: $y = 4E-07 x^2 + 0.001x + 18.17$
Con la potencia estimada de 4956 hp sacamos la eslora:

$$L_{pp} = 33 \text{ m}$$

Obteniendo cinco valores de eslora por distintas formas de estimación, la eslora requerida es:

$$L_{pp} = 37.2 \text{ m}$$

3.4. Estimación de Manga

La manga es la dimensión relevante para un remolcador, por la estabilidad requerida a la hora de operación de remolque o de salvamento. Su aumento tiende a disminuir el peso estructural. Dentro del rango útil de la manga puede ocurrir que la resistencia total crezca siempre o presente un mínimo relativo al crecer la manga.

Se establece el límite superior de la manga por problemas de gobernabilidad, al bajar L/B. El inferior, por razones de estabilidad inicial, al bajar B/D.

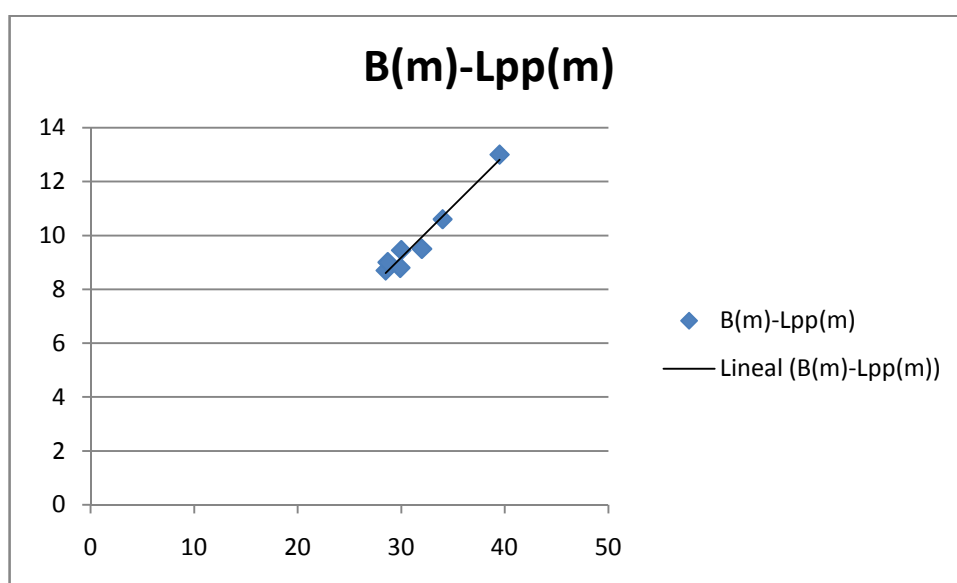
Se determina en función de la eslora según la fórmula de libro 'proyecto básico de un buque mercante'.

$$L_{pp} = K_4 \cdot B$$

Donde:

$2.8 < K_4 < 4.2$ para potencia entre 4000 - 8000 (HP)

La grafica representa la manga en función de la eslora:

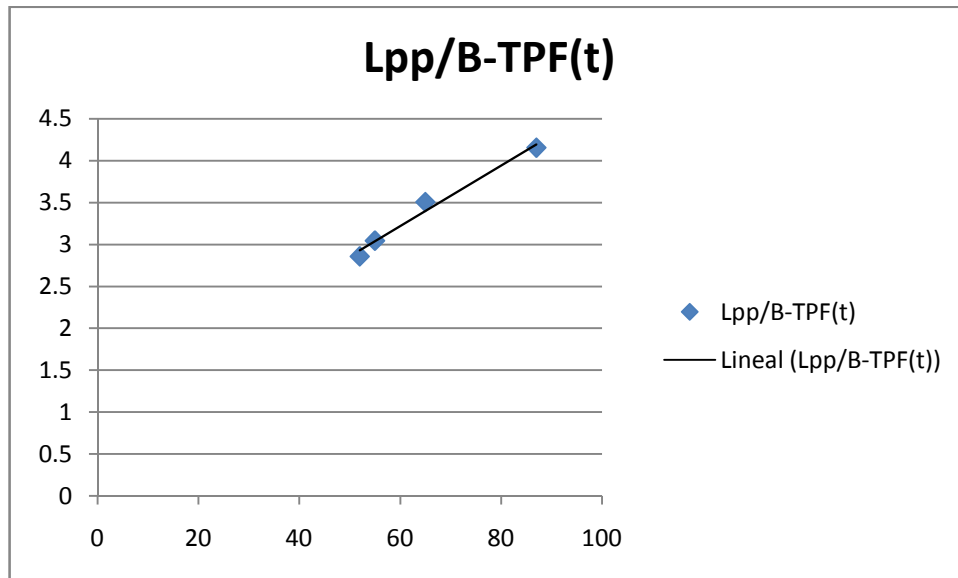




De La línea de tendencia $y = 0.382x - 2.29$ se estima un valor aproximado $B = 12.36$ m.

El coeficiente de K_4 estimado es 3 y está dentro del rango permitido.

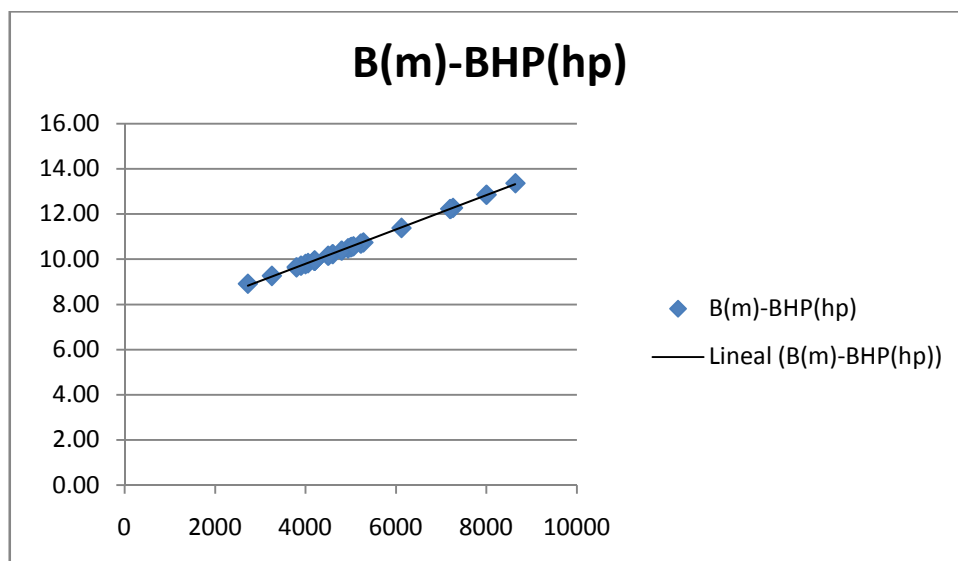
Para tener una mejor aproximación podemos calcular el cociente eslora manga en función del tiro por ser es un punto muy crítico para la estabilidad.



Usando La línea de tendencia de ecuación $y = 0.036x + 1.054$, podemos sacar la manga $B = 11.94$ m con un coeficiente K_4 de 3.12 que está dentro del intervalo.

Estimando la manga en función de la potencia aplicando la fórmula siguiente:

$$B = 6.2 + 8.1 \cdot 10^{-4} \cdot BHP + 1393 / BHP$$





Usando La línea de tendencia de ecuación $y = 0.001x + 6.753$, podemos sacar la manga

$B = 11.7$ m con un coeficiente K_4 de 3,18 dentro del intervalo.

La manga estimada será un valor medio de los valores anteriores:

$$B = 12 \text{ m}$$

3.5. Estimación puntal

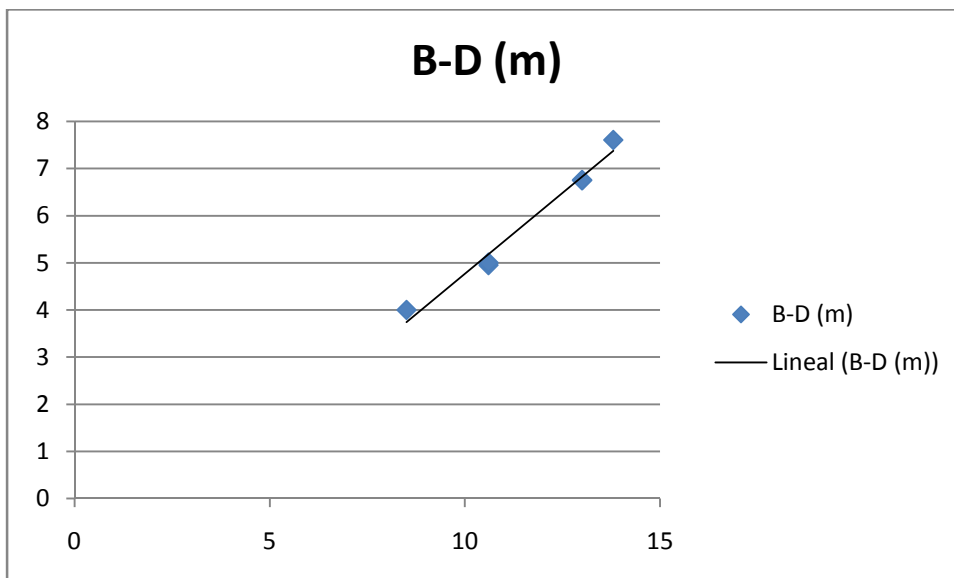
Es la dimensión estructuralmente más barata. El aumento del puntal tiende a disminuir el peso del casco. Se calcula a partir de la manga, su aumento va unido a aumentos de la manga para evitar que el agua llegue al trancañil cuando el buque escora con ángulos demasiados pequeños.

Se establece el límite superior por problemas de estabilidad al bajar B/D y el inferior por problemas de rigidez al aumentar la relación L/D o de francobordo.

$$B = D \cdot K_5$$

Donde: $2.0 < K_5 < 2.4$ para intervalo de potencia 4000-8000 Hp

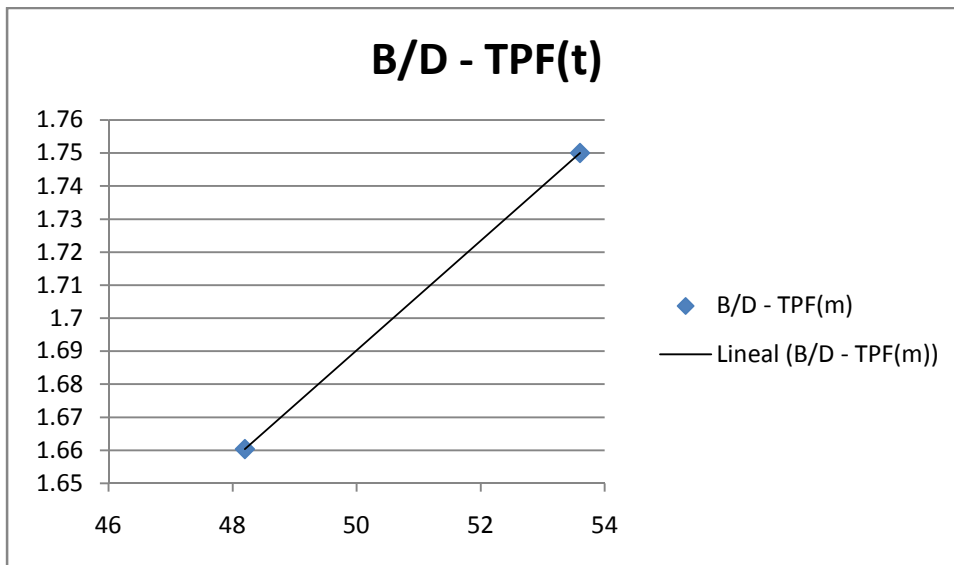
La grafica siguiente representa el puntal en función de la manga:



De la ecuación de tendencia $y = 0.685x - 2.085$, y a partir de la manga estimada sacamos el puntal $D = 6.14$ m. Con un coeficiente $K_4 = 2.2$.



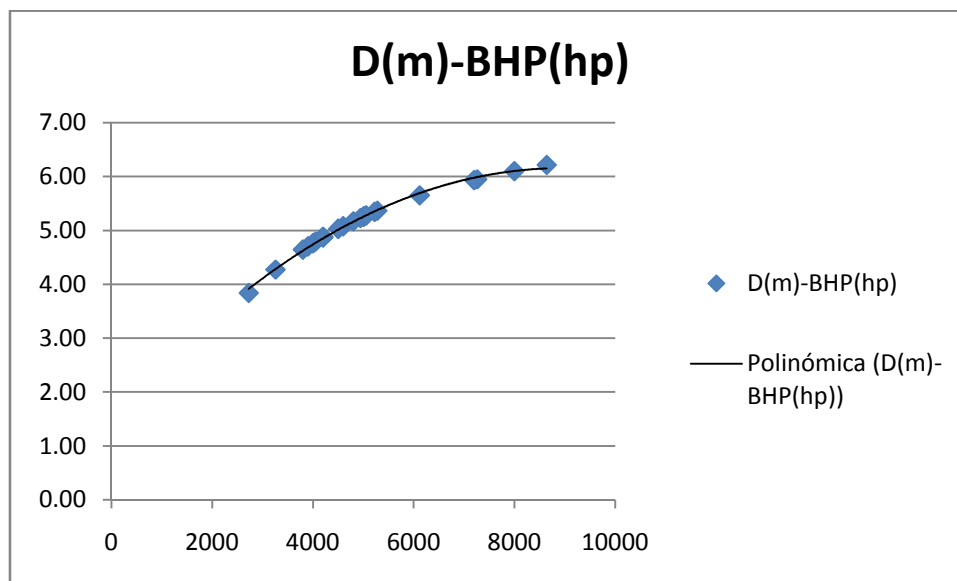
Para estimar un valor más aproximado, se representa la grafica siguiente como varia el cociente de manga puntal en función del tiro.



Con esta ecuación de línea de tendencia $y = 0.016x + 0.860$, sacamos el valor estimado $D = 6.6$ m de coeficiente $K_4 = 2.06$ está dentro del intervalo.

También se puede estimar el puntal en función de la potencia según la fórmula del libro.

$$D = 7,8 - 15050 / BHP + 1,16 \cdot 10^7 / BHP^2$$



Con esta línea de regresión $y = -6E-08x^2 + 0,001x + 1,527$, el puntal estimado $D = 5$ m.



El puntal final será el valor medio de los dos valores anteriores sin contar el último valor por no ser aproximado.

$$D = 6.37\text{m}$$

3.6. Estimación de coeficiente de bloque

El coeficiente de bloque tiene una incidencia muy grande sobre la resistencia a la marcha y sobre la capacidad de carga, y en menor medida sobre la estabilidad y maniobrabilidad. Lo normal es elegir un CB adecuado al Fr y comprobar después otras características del proyecto, como estabilidad y capacidad de carga.

Se puede calcular en función de la eslora, Lpp, y la velocidad, V en (m/s), según la siguiente fórmula:

$$CB = 1.2 - 0.5 \cdot V / Lpp^{0.5}$$

En primer caso se determinara los coeficientes de bloque teóricos de los dos buques de base según la fórmula mencionada anteriormente, debido que no hay información suficiente sobre el desplazamiento del resto de buques similares.

Para el buque Ailette:

$$CB_{\text{teórico}} = 1.2 - 0.5 \cdot V / Lpp^{0.5} = 1.2 - 0.5 \cdot (14.5 \cdot 0.5144) / 49.37^{0.5}$$

$$CB_{\text{teórico}} = 0.66$$

Análogamente Para el buque María de Maeztu:

$$CB_{\text{teórico}} = 0.63$$

Nos queda calcular los coeficientes de bloque reales, en función de desplazamiento, eslora, manga, calado y la densidad de agua.

En caso de buque Ailette:

$$CB_{\text{real}} = \text{DISW} / (1.025 \cdot Lpp \cdot B \cdot T) = 1500 / (1.025 \cdot 49.37 \cdot 13 \cdot 4.5)$$

$$CB_{\text{real}} = 0.507$$

Análogamente en el buque María de Maeztu:

$$CB_{\text{real}} = 0.72$$



Se observa desviación entre los valores teóricos y los valores reales de CB en cada buque, lo que lleva a cabo calcular el coeficiente de experiencia en forma de cociente entre el valor real y el valor teórico.

Para buque de base Ailette: $K_{\text{experiencia}} = CB_{\text{real}} / CB_{\text{teórico}} = 0.76$

Para buque de base María de Maeztu: $K_{\text{experiencia}} = CB_{\text{real}} / CB_{\text{teórico}} = 1.14$

Tomamos el valor del coeficiente de experiencia buque de base Ailette:

$$K_{\text{experiencia}} = 0.76$$

El coeficiente de bloque final de buque proyecto seria:

$$CB_{\text{teórico}} = 1.2 - 0.5 \cdot V / L_{pp}^{0.5} = 1.2 - 0.5 \cdot (12 \cdot 0.5144) / 37.2^{0.5}$$

$$CB_{\text{teórico}} = 0.694$$

$$CB_{\text{real}} = K_{\text{experiencia}} \cdot CB_{\text{teórico}} = 0.76 \cdot 0.694$$

$$CB = 0.527$$

3.7. Estimación de calado

Es una característica que determina el Armador en base a su experiencia de explotación, y a partir de las condiciones operacionales. Su aumento tiende a disminuir el peso estructural, también puede dar lugar a una disminución de la resistencia total en el rango completo o a un mínimo relativo.

El límite superior del calado puede venir impuesto por el francobordo, y el inferior por razones estructurales o de comportamiento en la mar.

Se puede calcular en general en función de la manga si no hay información sobre el coeficiente de bloque, ya que el coeficiente de bloque está estimado nos resulta más conveniente con la formula siguiente.

$$T = DISW / (1.025 \cdot L_{pp} \cdot B \cdot CB)$$

$$T = 5.44 \text{ m}$$

El valor obtenido es alto y no cumple con el francobordo FB, entonces hay que estimarlo en función del margen de FB de 1,2 -1,6 m, tomamos valor medio de 1,4 m.

$$T = D - FB = 6.37 - 1.4$$

$$T = 4.97 \text{ m}$$



3.8. Estimación de coeficientes de carena

- Coeficiente de la sección maestra, CM

Influye sobre la resistencia a la marcha de la carena y tiene una repercusión directa sobre la extensión de la zona curva del casco en el pantoque.

Para remolcadores se calcula según la fórmula S/ M. ARNALDOS:

$$CM = (0,526 + 0,49/CB - 0,165/CB^2) * Ke$$

Siendo: CB=0,527, Ke =1,06

$$CM=0,913$$

- Coeficiente prismático, CP.

Representa una medida de la distribución longitudinal del desplazamiento, **Un valor** bajo de CPL significa que el volumen de la obra viva se concentra alrededor de la perpendicular media y que los extremos de proa y de popa son afinados. El valor de CPL tiene un efecto importante sobre la resistencia residual, que supone un alto tanto por ciento de la resistencia total.

Se calcula en función del CM y CB si lo tenemos determinados:

$$CPL = CB / CM$$

Siendo: CB= 0,527y CM= 0,913

$$CPL = 0.577$$

- Coeficiente de flotación CF.

Tiene alguna influencia sobre la resistencia hidrodinámica y muy considerable sobre la estabilidad inicial. Este coeficiente puede variar dependiendo del grado U/V de las secciones.

Para remolcadores se calcula según la fórmula:

$$CF = 0,45 * CB + 0,56$$

$$CF=0,797$$



- Posición longitudinal centro de carena XB.

XB se determina por consideraciones hidrodinámicas y de trimados del buque en las distintas condiciones de carga, en un margen bastante amplio del valor de XB, su repercusión sobre la resistencia al avance es pequeña. Existe un valor óptimo de XB es el centro de gravedad XG.

Se calcula para resistencia al avance mínima S/ L.TROOST:

$$XB = (17,5 * CP - 12,5) * L / 100$$

Siendo CP = 0,577, L= 37,2 m

$$XB = 0,89 \text{ m} \quad \text{a proa}$$



4. Comprobación de Francobordo y de número de froude

Se define Francobordo como la distancia vertical, medida en la sección media del buque, entre el borde superior de la línea de cubierta y el borde superior de la línea de francobordo. Debe cumplir con el francobordo mínimo determinado en el Convenio Internacional de Líneas de Máxima Carga de 1996.

Como hemos comentado anteriormente para remolcadores el valor del francobordo varía entre 1,2 m y 1,6 m.

$$FB = D - T = 6,37 - 4,97$$

$$FB = 1,4 \text{ m}$$

El número de froude está relacionado con la velocidad, tiene la influencia importante sobre la resistencia de formaciones de olas a unos rangos concretos.

$$Fr = V / (g \cdot L)^{1/2} = 12 \cdot 0,5144 / (9,81 \cdot 37,2)$$

$$Fr = 0,323$$

5. Comprobación de las relaciones dimensionales

5.1. Relación adimensional L/B

En cuanto el valor es reducido se reduce la superficie mojada por lo tanto la resistencia viscosa también, en cambio se aumenta la resistencia al avance y la potencia propulsora, se reduce el peso de acero del casco. Si el valor es demasiado bajo aumenta la vibración excitada por el propulsor, también empeora la estabilidad de ruta, pero puede mejorar la facilidad de evolución.

Nuestro valor cumple:

$$2,8 < L/B = 3,1 < 4,2$$

5.2. Relación adimensional B/D

Esta relación controla la estabilidad inicial, ya que KG es en función del puntal y KM está muy influenciado por el valor de la manga. El aumento de B/D se recomienda niveles exigentes de estabilidad, reducciones en el peso del casco y de la maquinaria propulsora, y velocidades del buque más elevadas y formas más finas, que lleven a valores más bajos de KM para un valor dado de B, pero en nuestro caso que no hay carga sobre la cubierta se permite la reducción de B/D.

Nuestro valor cumple:

$$2,0 < B/D \approx 2 < 2,4$$



5.3. Relación adimensional L/D

Relación adimensional L/D, con valores altos, se genera problemas de peso y rigidez.

Nuestro valor cumple:

$$5,6 < L/D=5,84 < 9,0$$

6. Comprobación de estabilidad

La estabilidad es una característica relevante para la tarea de remolque. Se verifica la estabilidad inicial estimando la altura metacéntrica, teniendo en cuenta que la altura metacéntrica inicial no será inferior a 0,35 m.

La reglamentación de estabilidad establecida en España para remolcadores está recogida por la Inspección General de Buques y Construcción Naval en la Circular 2/79 "Estabilidad de Remolcadores".

$$GM \geq 0,0065 \cdot d \cdot B \cdot BHP / (f \cdot \Delta)$$

$$GM \geq 1 \text{ m}$$

Donde:

- d = Distancia desde el gancho al centro de carena, estimando en 4.75 m
- f = Francobordo, 1,4 m.
- B = Manga, 12 m.
- Δ = Desplazamiento, 1314 t.
- BHP = Potencia propulsora, 4956 Hp.

Por otra parte:

$$GM = KB + BM - KG$$

Para el cálculo de KB, BM y KG nos basaremos en formulas empírica. En primer lugar, la altura del centro de carena KB se estima a partir de la fórmula de Euler:

$$KB = (0,858 - 0,37 \cdot C_b / C_f) \cdot T$$

$$KB = 3,05 \text{ m}$$

Siendo

- T = 4,97 m
- C_B = 0,527
- C_F = 0,8



Se determina el radio metacéntrico transversal BM mediante la fórmula de Normand:

$$BM = K \cdot B^2 / (T \cdot CB)$$

$$BM = 3,29 \text{ m}$$

Siendo:

- $K = 0,113 \cdot C_f - 0,0306 = 0,0598$
- $B = 12 \text{ m}$

El centro de gravedad está relacionado con el puntal según la fórmula siguiente:

$$KG = 0,76 \cdot D$$

Siendo:

$$D = 6,37 \text{ m}$$

$$KG = 4,84$$

$$GM = 1,5 \text{ m}$$

Los dos valores de la altura metacéntrica son mayores que 0,35 m lo explica que el buque cumple con la estabilidad.

7. Estimación de peso y capacidad de tanques

7.1. Peso específico de combustible

El combustible elegido es de un consumo específico de 184 gr/Kw·h y una densidad 850 kg /m³.

Teniendo en cuenta la autonomía 6000 millas y la velocidad al que navega el buque, 12 kn, tardaría 500 h (21 días) de navegación.

Según la especificación de buque proyecto navega a 12 nudos con 90% de potencia:

$$P_{\text{esp comb}} = 0,184 \cdot (3696) \cdot 0,9 \cdot 500 = 306 \text{ t}$$

Capacidad del tanque de combustible:

$$V_{\text{combustible}} = 306 / 0,85$$

$$V_{\text{combustible}} = 360 \text{ m}^3$$



7.2. Peso de aceite de lubricación

Para estimar el peso de aceite hay que tener en cuenta la Lubricación de motores principales y auxiliares, turbinas, y sistema hidráulico utilizado en maquinaria de cubierta.

Se estima mediante la siguiente expresión:

$$P_{\text{aceite}} = 2,5 \text{ BHP} / 1000 \text{ (t)}$$

$$P_{\text{aceite}} = 12,3 \text{ t}$$

Se calculara también por 3%- 4% del peso combustible propulsión, consideramos 4% por tener más margen:

$$P_{\text{aceite}} = 4\% \cdot 306 \text{ t}$$

$$P_{\text{aceite}} = 12.2 \text{ t}$$

El peso de aceite final será un valor medio:

$$P_{\text{aceite}} = 12.3 \text{ t}$$

Eligiendo el aceite tipo CEPSA LARUS 4040 para motores Wärtsilä de densidad 0,914 kg/l, obtenemos el volumen:

$$V_{\text{aceite}} = 13,5 \text{ m}^3$$

7.3. Tanque de agua dulce

La capacidad del tanques para agua de servicios sanitarios y potable se estima en función de 150/200 l persona y día, tomamos 150 l/ pr. día.

Partiendo de la especificación de buque proyecto el número de personas son 19 teniendo en cuenta de 21 día de navegación.

$$V_{\text{agua servicio}} = 150 \cdot 19 \cdot 21 / 1000$$

$$V_{\text{agua servicio}} = 60 \text{ m}^3$$

7.4. Peso de víveres

Un remolcador se considera como un buque de carga, el peso de víveres en este tipo de buques para una persona en un día es de 5 kg.

$$P_{\text{víveres}} = 5 \cdot 19 \cdot 21$$

$$P_{\text{víveres}} = 2 \text{ t}$$



7.5. Peso de Tripulación

Para este tipo de buque se considera 125 kg / persona con equipaje.

$$\text{Tripulación} = 125 \cdot 19$$

$$\text{Tripulación} = 2.38 \text{ t}$$

7.6. Pertrechos

Elementos que el armador añade como repuestos o necesidades adicionales al buque como pinturas, los pertrechos varían entre 10 y 100 t según el tamaño de buque.

Para un remolcador de altura y salvamento con sistema de contra incendios y antipolución.

$$\text{Pertrechos} = 90 \text{ t}$$

7.7. Fluidos en circuitos

Se estima alrededor de:

$$P = 3.5 \text{ t}$$



8. Referencias

- Revista "SIGNIFICANTE SMALL SHIPS" 2008
- Proyecto Básico del Buque Mercante, Alvariño, Ázpiroz y Meizoso
- Revista de ingeniería naval
- Ship design and Construction, Taggart
- Lista de Referencias de buques construidos en Astilleros Zamakona SA y Boluda de Valencia.



Cuaderno 02:

Formas

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun

Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Análisis previo de formas base.....	4
3. Perfiles y formas especiales de remolcador.....	5
3.1 Cuadernas de proa.....	5
3.2 Cuadernas de popa.....	5
3.3 Particularidad en las Formas.....	5
3.4 Defensas de proa.....	6
4. Bulbo y apéndices estabilizadores	6
4.1 Bulbo de proa.....	6
4.2 Apéndices estabilizadores	7
5. Derivación de formas.....	8
5.1. Transformación afín	8
6. Coeficientes de carena y relaciones adimensionales.....	9
6.1 Coeficiente de bloque.....	9
6.2 Coeficiente de maestra	9
6.3 Coeficiente prismático.....	9
6.4 Coeficiente de flotación.....	10
6.5 Posición longitudinal del centro de carena.....	10
6.6 Relación adimensional L_{pp}/B	11
6.7 Relación adimensional B/D	11
6.8 Relación adimensional L_{pp}/D	11
7. Resultados finales de parámetros de carena.....	11
8. Curva de áreas.....	12
9. Referencias.....	13



1. Introducción

Las formas del casco definen y caracterizan casi completamente al buque, determinan la resistencia al avance, lo que define la potencia necesaria para su propulsión y, por consiguiente su velocidad. También influyen en el desplazamiento, en las condiciones de habitabilidad y lo que es más importante, en la estabilidad y flotabilidad, así como en su comportamiento en mares agitados.

Después de tener determinada las dimensiones principales de buque proyecto como punto de partida, nos ayuda plantear diversas posibilidades de formas de casco.

Existen tres métodos conocidos para obtener formas, son:

- Método de series sistemáticas; realizadas la mayoría de las veces por canales de ensayos hidrodinámicos. Trata de empezar por las dimensiones principales y coeficientes de carena, se elige una serie sistemática cuyo rango de aplicación resulte más fiable. De este modo se podría disponer de unas formas de las que se conocería con bastante aproximación la resistencia al avance del buque.
- Generación de formas; las características principales del buque son fijas, se varían otras características, como grado de forma de cuadernas de maestra U-V, abanico, tangencias en costado y fondos, longitud del cuerpo cilíndrico. se obtiene diversas alternativas de formas. En este método se le aplica sistema FORAN.
- Derivación de formas; a partir de las formas de un buque base que sea bueno hidrodinámicamente le aplica un incremento de la longitud del cuerpo cilíndrico, transformación afín, modificación del centro de carena, modificación del centro de bloque, modificación del coeficiente prismático y por ultimo modificación de la curva de áreas flotacionales.

Hay que tener en cuenta, que las formas de casco tienen que encajar con varios criterios como:

- Tratar de disminuir resistencia de avance, por el efecto del casco sobre la estela- fenómeno de succión- conservando eficacia del propulsor, así de paso se logra minimizar la potencia
- Operación de remolque, efecto de estabilidad a la hora que desempeña el buque su papel.
- Disposición general.
- Tener un buen comportamiento en la mar y una buena maniobrabilidad.



Para limitar las formas del casco nos queda por saber:

- Forma de la curva de áreas, con hombros suaves
- Forma de proa
- Bulbo, en caso si es necesario



2. Análisis previo de formas base

En este apartado tratamos de determinar las dimensiones principales y coeficientes de carena, partiendo de buque base, 'MARIA DE MAEZTU', del cuaderno de dimensionamiento,

Los siguientes datos son herramientas de partida para derivar las formas de buque de proyecto.

Buque de base	MARIA DE MAEZTU
Loa (m)	39.7
Lpp(m)	34.5
B (m)	12.5
D (m)	5.8
T (m)	4.2
DISW (t)	1345
C_B	0.724
C_M	0.888
C_F	0.886
C_P	0.815
X_B	0.608
FB (m)	1.6
Fr	0.36

Observación destacable sobre las formas de buque base MARIA DE MAEZTU:

- Según el plano de formas, se observa que la forma de las cuadernas en la sección de proa son tipo V, por cuestiones hidrodinámicas, con el fin de reducir la resistencia por formación de olas, etc. En cambio a proa de maestra hasta la popa, las formas que dominan son tipo U, por cuestiones propulsivas.
- En cuanto al bulbo se ve que el buque base no lleva ningún tipo debido que estos tipos de barcos no necesitan mucha velocidad en navegación, y que no son de mayor eslora.
- Por problemas de estabilidad, lleva un quillote en el fondo montado desde la proa a popa para generar un momento que compensa los movimientos debidos a las tareas que desempeña este tipo de buques. Este tipo de apéndice lo lleva casi todos los remolcadores.



- Tiene un túnel en la proa donde pasa una hélice transversal, que se necesita en la operación de la maniobrabilidad. El sistema de propulsión es tipo Schottel azimutal.
- Se dispone de cámara de máquinas en la mitad de la eslora. Se nota que las amuradas son más bajas en la parte de popa que de proa, por facilitar tarea de remolque.

3. Perfiles y Formas especiales de remolcador

Se trata de describir los tipos de perfiles o cuadernas de proa y de popa, según criterios hidrodinámicos y propulsivos.

3.1. Cuadernas de Proa

En la parte de la proa se diseñan estos buques con cuadernas tipo V, por conseguir formas afiladas en la parte baja evitando el fenómeno de Slamming, que es golpeteos del buque contra las olas en la parte de su fondo en proa. En cuanto a la resistencia a la avance, con este tipo de perfil se logra menos resistencia por formación de olas.

3.2. Cuadernas de Popa

Las cuadernas de la popa son del tipo U con el fin de conseguir una estela más homogénea, eso evita problemas de vibraciones y de cavitación en cuanto al propulsor. También se consigue más estabilidad a la hora operación de remolque por la popa, aunque estos tipos de cuadernas tienen el problema de desprendimiento de capa límite en los pantoques, torbellinos de pantoque, eso genera más resistencia viscosa. Según el punto de vista económico, las cuadernas tipo U son baratas de construir.

Los remolcadores no suelen tener el cuerpo cilíndrico, se demostrara mas adelante con la curva de áreas.

3.3. Particularidad en las Formas

El casco de remolcador suele estar especialmente construido de forma hidrocónica definidas por superficie desarrollables, a popa con codillo, o bien, de fondo plano con las líneas de agua de forma asciende, con el fin de que las corrientes de aspiración lleguen a las hélices sin turbulencias. El espejo de popa tiene una inclinación hacia proa por debajo de la flotación, para mejorar la navegación marcha atrás.



Una de las características distintivas de estos buques es su puntal relativamente reducido. Todo ello está encaminado a mantener a baja altura el punto de remolque. Mantener el punto de remolque a baja altura es un factor importante para la estabilidad de este tipo de buques. Los vértices de popa del casco suelen estar redondeado con un gran radio, posibilitando el giro contra el casco de un buque durante las operaciones portuarias.

El casco tiene arrufo y un francobordo superior al reglamentario, para asegurar un buen comportamiento en la mar y poder mantener así la cubierta seca.

3.4. Defensas de proa

Se montan en la proa para evitar el daño causado por el choque cuando el remolcador trabaja cerca al buque. Se usa el caucho como material que absorbe la energía del choque y le amortigua. Estas defensas sirven también para evitar la abrasión del remolcador en la operación de remolque y tratar de mantenerle en su posición. En la popa igual se monta las defensas para evitar daños cuando el remolcador está empujando.

4. Bulbo y apéndices estabilizadores

A la hora de diseñar el casco de buque según su comportamiento en el mar, se le incorpora también elementos como el bulbo si se hará falta, o apéndices estabilizadores para minimizar los movimientos del buque y mantener su estabilidad.

4.1. Bulbo de proa

El caso de nuestro buque se considera prácticamente buque lento, el efecto del bulbo será solo por reducir el fenómeno de olas rompientes que forman parte de la resistencia viscosa, pero en mismo tiempo aumenta la superficie mojada, empeora los fenómenos de slamming. En nuestro caso no será beneficioso puede que complica la tarea de remolque con el buque asistente.

4.2. Apéndices estabilizadores

El papel que desempeñan estos apéndices, trata de disminuir los movimientos del buque en situaciones severas del mar o cuando ejerce las tareas especiales, así logra mantener la estabilidad.



- **Quillote**

El quillote contribuye a amortiguar los movimientos de balance con el buque parado o a velocidades bajas, genera una importante sustentación lateral debido a su acción hidrodinámico. La posición y la dimensión del quillote determinan en que aspecto influye. El quillote central afecta de forma importante a la estabilidad direccional, como estabilidad de rumbo en navegación, y si está situado en el cuerpo de popa reduce la estela y estimula el mejor flujo de agua a la hélice.

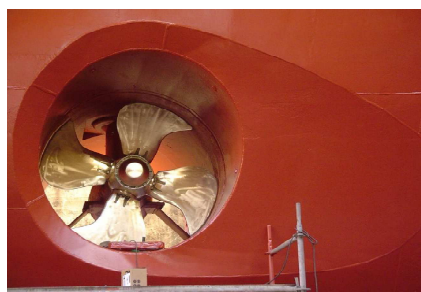
Ayuda a desplazar hacia popa el centro de presiones en el tiro indirecto, proporcionando mayor seguridad. El área del quillote esta calculada para proporcionar al remolcador un buen funcionamiento en el tiro indirecto.

El quillote se conoce también como skeg, zapata central, consta de una roda de reducida inclinación a la que se le ha añadido una quilla vertical por debajo de la línea de flotación, que se une con una profunda quilla de cajón que corre a lo largo de la quilla del casco. Sirve para aumentar el área de deriva del buque, generando más estabilidad.

- **Apertura de los túneles.**

Las hélices transversales deben ir montadas en aperturas de forma redondeada o cónica. Esto hace aumentar el empuje neto disponible y reducir la excitación de la hélice y cavitación, con la correspondiente reducción de vibración y ruido.

En las aperturas se monta rejillas, son barras colocadas verticalmente y horizontalmente unidas entre ellas, están de proteger la hélice transversal, pero tienen inconveniente de aumentar la resistencia de casco, lo que se plantea que las primeras barras deben estar orientadas a 90° con respecto a la dirección local del flujo de agua con la finalidad de minimizar la resistencia del casco.





5. Derivación de formas

Como se ha comentado anteriormente este método y las etapas que incluye, se queda por aplicar los cálculos correspondientes para conseguir las formas de nuestro buque, usando el método de transformación afín.

5.1. Transformación afín

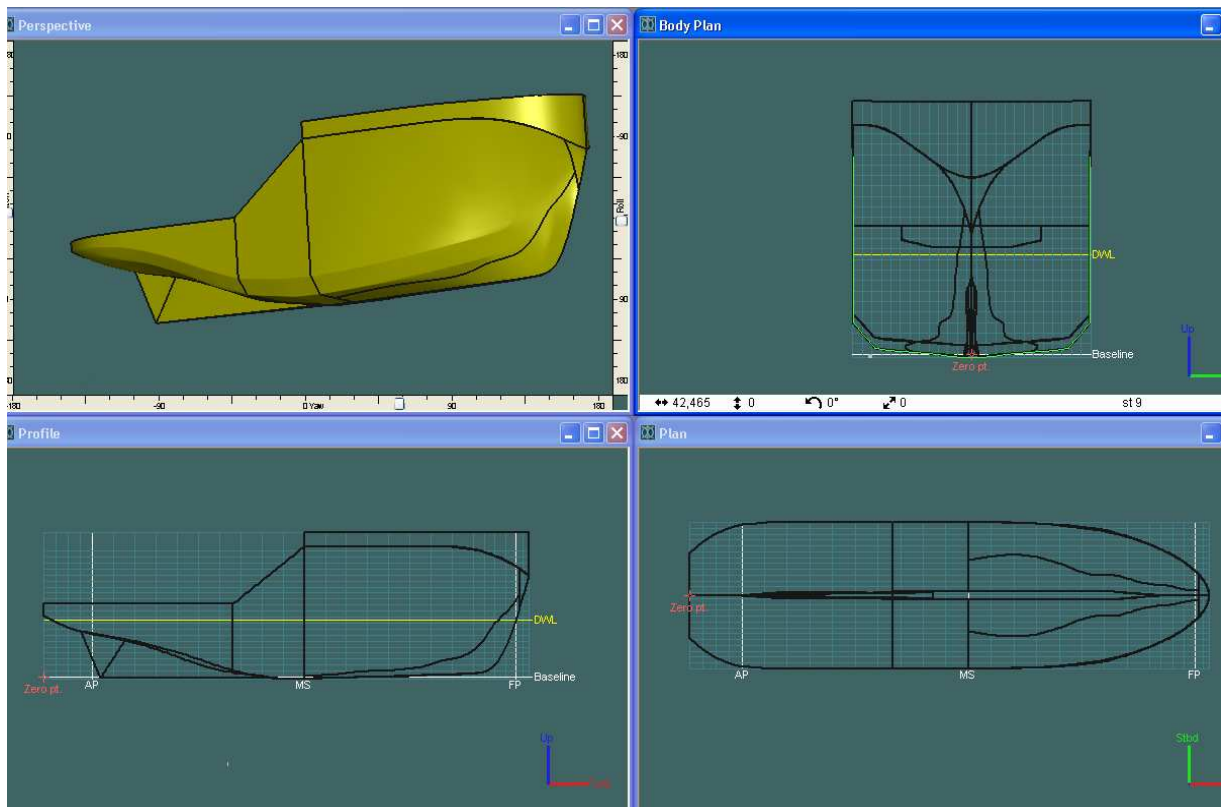
Trata de modificar las dimensiones principales del buque base para lograr las dimensiones principales deseadas, manteniendo inalterados los coeficientes de la carena y sacando los parámetros de transformación en las tres dimensiones:

$$\lambda_x = L_{pp} / L_{pp_b}$$

$$\lambda_y = B / B_b$$

$$\lambda_z = T / T_b$$

Una vez obtenida las formas de buque proyecto en el Maxurf, se manda al programa Rhinoceros para alguna modificación en cuanto a la curvatura del casco. Posteriormente se comprueba si se ha cambiado las dimensiones y los coeficientes de carena preliminares.





6. Coeficientes de carena y relaciones adimensionales

Anteriormente se ha hablado de coeficientes de carena y de relaciones adimensionales en el cuaderno de dimensionamiento.

6.1. Coeficiente de Bloque

El coeficiente de bloque, en los buques de carga es más importante debido a que se necesita mayor capacidad de carga, aunque se fija sobre todo por consideraciones hidrodinámicas, viendo cómo afecta a las distintas componentes de la resistencia:

- Resistencia viscosa: según la fórmula de sasajima y tanaka, que viene el libro 'resistencia al avance del buque', demuestra que al disminuir el coeficiente de bloque, se reduce la resistencia por origen viscoso.
- Resistencia por formación de olas: las formas de buque proyecto no se consideran formas llenas, como ventaja no se genera mayor perturbaciones de agua y sería mínima la resistencia por formación de olas.

El coeficiente de bloque de nuestro buque después de tener las formas es $CB=0,513$, que es bastante aproximado al coeficiente de bloque estimado en el cuaderno de dimensionamiento es $CB = 0,527$.

$$CB= 0.513$$

6.2. Coeficiente de maestra

Este coeficiente influye en la curva de áreas por formar Shoulders u hombros en la zona curva del casco, lo que provoca separación de flujo en los hombros que, y aumenta la resistencia.

El coeficiente de maestra:

$$CM = 0,526 + 0,49/CB - 0,165/CB^2$$

El coeficiente de maestra estimado por dimensionamiento es, $CM=0,913$, y el obtenido de las formas es $CM=0,928$, son bastante aproximados.

$$CM=0,928$$

6.3. Coeficiente prismático

El aumento del coeficiente prismático, significa reducir el desplazamiento en la zona central y llevarlo a los extremos. En cuanto a la resistencia viscosa un aumento del coeficiente prismático junto con coeficiente de bloque supone llenar las formas del barco y por lo tanto aumentar la R_{pov} .



De los anteriores se deriva el coeficiente prismático:

$$CPL = CB/CM$$

Como hemos obtenido el coeficiente de bloque y el coeficiente de maestra muy aproximado, en teoría debe dar un coeficiente prismático aproximado.

El coeficiente prismático obtenido de las formas, $CPL=0,553$, se ha variado un poco respecto al estimado por dimensionamiento, $CPL=0,577$.

$$CPL=0,553$$

6.4. Coeficiente de flotación

El coeficiente de flotación se describe el grado de finura de la formas, eso afecta a generar la resistencia por formación de olas, por este factor también nace el fenómeno de olas rompiente que contribuye en la resistencia viscosa.

$$CF = 0,45 \cdot CB + 0,56$$

El coeficiente de flotación se ha mantenido en los dos casos.

$$CF=0,8$$

6.5. Posición longitudinal del centro de carena

Este parámetro significa la posición según el eje (ox) del centro de gravedad del volumen de carena.

Este parámetro es importante sobre todo en el caso de trimado del buque y las consideraciones hidrodinámica, en general la posición longitudinal varía sobre la cuaderna maestra según que se requiere el buque más fino en popa o en proa. Ya que el nuestro es un remolcador, tiene forma más fina en la proa que en la popa, lógicamente el centro longitudinal de la carena debe estar a popa de la cuaderna maestra.

$$XB = (17,5 \cdot CP - 12,5) \cdot L / 100$$

Por las formas del buque nos da $XB = 1,05 \%$, sin embargo por el dimensionamiento preliminares $XB = 0,89 \%$, se ha variado un poco.

$$XB = 1,05 \%$$



6.6. Relación adimensional L_{pp}/B

Esta relación influye aproximadamente de la misma manera que la eslora. Un remolcador suele tener la relación L/B prácticamente baja, entonces genera menos superficie mojada que es una ventaja, por disminuir la resistencia de fricción, en cambio tiene mayor resistencia viscosa y drásticamente mayor resistencia por formación de olas, también empeora la estabilidad de ruta.

Para este tipo de buque y según la potencia el valor no tiene que pasar de 2,8 - 4,2.

$$L_{pp}/B = 3,1$$

6.7. Relación adimensional B/D

Esta relación es importante en cuanto la estabilidad inicial. El aumento de B/D se recomienda niveles exigentes de estabilidad, reducciones en el peso del casco y de la maquinaria propulsora, velocidades del buque más elevadas y formas más finas. El valor válido tiene que estar en el intervalo 2,0 - 2,4, en este caso la relación B/D mínima es aproximada al 2,0.

6.8. Relación adimensional L_{pp}/D

Es importante para limitar el francobordo, con valores altos, se genera problemas de peso y rigidez y resistencia longitudinal.

Los valores razonables tienen un margen (5,6 - 9,0), y como L_{pp}/D es de 5,84 inclinando más al mínimo, nos evita problemas de peso y resistencia longitudinal.

7. Resultados finales de parámetros de carena

Eslora total (m)	42,7
Manga (m)	12
Puntal (m)	6,37
Eslora entre perpendiculares (m)	37,2
Calado (m)	4,97
Eslora de flotación, L_{WL} (m)	40,79
Coefficiente prismático. C_p	0,553
Coefficiente de bloque. C_b	0,513
Coefficiente de maestra. C_m	0,928
Coefficiente de flotación. C_f	0,807

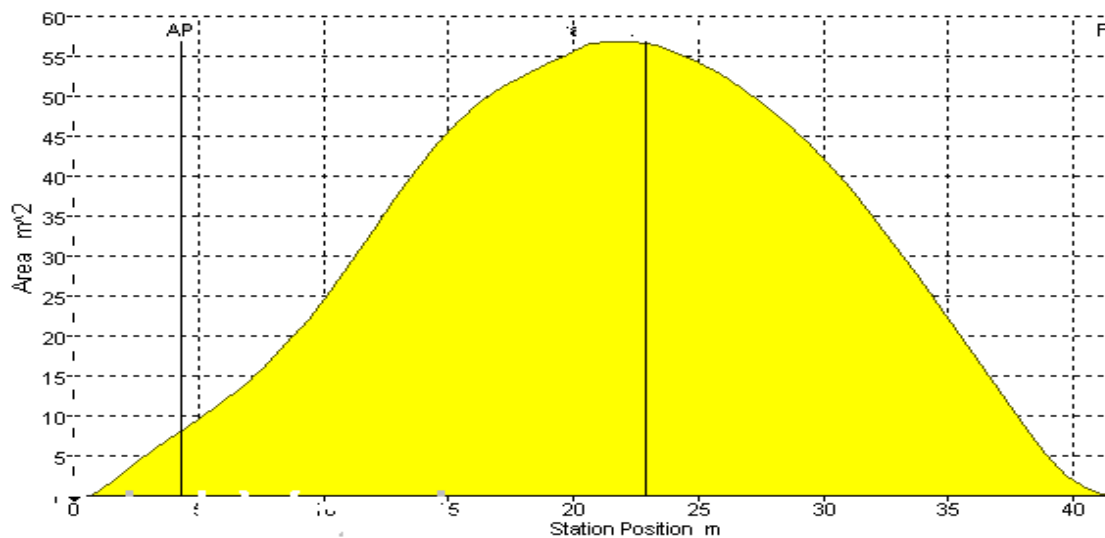


8. Curva de áreas

La curva de áreas se obtiene representando al área de cada cuaderna en función de la eslora. Esta curva nos indica como esta repartido el desplazamiento a lo largo de la eslora, siendo que el área cerrada por la curva de áreas es el volumen de carena.

También proporciona:

- El coeficiente prismático
- la posición longitudinal del centro de gravedad de área, XB, que es la posición de centro de gravedad del volumen de carena.



Observación:

- El buque tiene un poco de longitud del cuerpo cilíndrico, ha sido por el valor prácticamente bajo de coeficiente prismático y coeficiente de bloque.
- Los cuerpos de entrada y de salida son casi recta con una ligera concavidad, esto implica que en esas zonas el volumen varía de forma aproximadamente proporcional.
- las zonas de transición entre la proa o la popa (los hombros o Shoulders) están con poca curvatura.



9. Referencias

- Proyecto Básico del Buque Mercante, Madrid 2007. Fondo Editorial de Ingeniería Naval
- Apuntes de introducción de la resistencia al avance del buque. Antonio Baquero Mayor
- Gaston, M.J. The Tug Book.
- [www. Wartsila .com](http://www.Wartsila.com)





Cuaderno 03:

Disposición general (DG)

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun

Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Disposición general.....	3
3. Posicionamiento de Elementos transversales.....	3
3.1 Eslora de línea de carga.....	3
3.2 Separación entre cuadernas.....	4
3.3 Separación entre bulárcamas.....	4
3.4 Numero y Disposición de mamparos.....	4
4. Cubiertas.....	6
4.1 Cubierta de plataforma	6
4.2 Cubierta principal	7
4.3 Cubierta de bote	7
4.4 Cubierta de castillo.....	7
4.5 Cubierta de puente.....	8
5. Disposición de Cámara de maquinas.....	9
6. Doble fondo.....	10
7. Cofferdam	11
8. Local de servomotor y de la hélice transversal.....	11
9. Zona de remolque.....	11
10. Espacio de fondeo y amarre.....	13
11. Habilitación	13
12.Capacidad de tanques.....	14
12.1 Tanque de combustible	14
12.2 Tanque de servicio diaria.....	14
12.3 Tanque de Aceite.....	15
12.4 Tanque de agua dulce.....	15
12.5 Tanque de lastre.....	15
12.6 Tanque de reboses.....	16
12.7 Tanque de lodos	16
12.8 Tanque de sentinas y aguas fecales	16
12.9 Tanque dispersante y espumogeno.....	16
12.10 Tanque REC.OIL.....	16
13.Referencias	18



1. Introducción

De acuerdo con el reglamento Bureau Veritas se ha realizado la Disposición General, buscando un orden lógico que proporcione a la tripulación la mejor calidad de vida posible, así como también se ha buscado que se puedan realizar las funciones para las que el remolcador ha sido diseñado con el rendimiento óptimo esperado.

Siguiendo la sociedad de clasificación Bureau Veritas exige elementos estructurales, que se necesitan para el estudio de disposición de las cubiertas, la Cámara de Máquinas, de los tanques y la habilitación tanto la necesaria para la tripulación como para los náufragos.



2. Disposición general

La disposición de un remolcador se basa en la especificación que tiene, las tareas que desempeña como, remolque, salvamento, lucha contra incendios y Antipolución. Según esas condiciones, este tipo de barco suele poseer varias cubiertas. Normalmente, la zona de popa corresponde a la zona del chigre de remolque, junto al gancho respectivo. En la zona de proa se ubica el castillo en donde se opera al remolcador desde el puente de mando (mediante el servomotor o sistema hidráulico de gobierno).

Los remolcadores se diseñan en la actualidad con planchas en doble fondo para la ubicación de tanques de combustible, agua y aceite, etc. También disponen de tanques laterales verticales a proa y a popa, así como los tanques de lastre ubicados tanto en los piques de proa y popa como en los costados del buque.

La habilitación se da sobre la cubierta principal y según el número de tripulantes se dispone de una o varias cubiertas, sin embargo la cámara de máquinas se sitúan en la zona central del remolcador, con los motores principales, grupos de generadores y sistema auxiliar de gobierno, entre otros equipos. Se dará más detalles de cada parte de disposición más adelante.

3. Posicionamiento de Elementos transversales

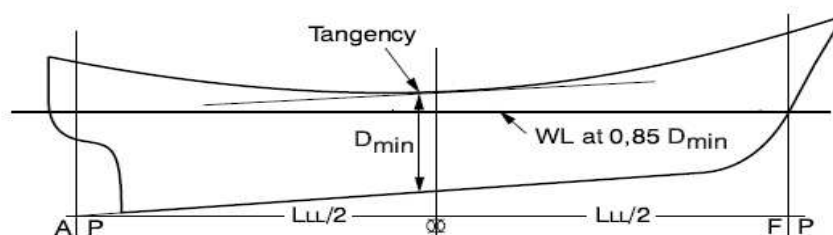
3.1. Eslora de línea de carga

Es la 96% de la eslora de flotación desde la parte superior de la quilla a calado de 85% del puntal o es el puntal mínimo trazado (distancia vertical medida desde la parte superior de la quilla hasta la parte superior de la cubierta de francobordo) (Pt B, Ch 1, Sec 2).

$$L_L = 96\% \text{ LWL}_{85\% D}$$

$$L_L = 40 \text{ m}$$

Figure 3 : Length of ships with a rake of keel





3.2. Separación entre Cuadernas

La separación entre cuadernas (Pt D, Ch 4, Sec 3) no debe ser mayor de los valores obtenidos de las siguientes fórmulas:

$$s = 0,6 + L/320 \quad \text{para } L < 90 \text{ m}$$

$$s = 0,9 + 1,25 (L/100)^{0,25} \quad \text{para } L \geq 90 \text{ m}$$

Como el buque de proyecto tiene la eslora de la línea de carga menor que 90 m, se usa la primera fórmula:

$$s = 725 \text{ mm}$$

Se considera como valor máximo para elegir la clara entre cuadernas. Siendo la clara más estándar que suele usar los buques es de 600 mm (valor menor que el valor especificado) entonces la clara elegida será:

$$s = 600 \text{ mm}$$

3.3. Separación entre Bulárcamas

Las bulárcamas son elementos de resistencia transversal, que forman secciones reforzadas con las varengas y baos reforzados. Son elementos de gran resistencia que existen tanto en buques con estructura transversal como longitudinal, son los únicos elementos transversales estructuralmente. Se toman como soportes eficaces del forro exterior del costado.

La clara entre bulárcamas no tiene que pasar de cuatro espaciados entre cuadernas (Pt B, Ch 10, Sec 3):

$$S_{\text{bulárcamas}} = 4 \cdot s$$

$$S_{\text{bulárcamas}} = 2400 \text{ mm}$$

3.4. Numero y Disposición de Mamparos

Para buques de eslora inferior de 65 m, no tienen problemas de arrufo ni quebranto, sin embargo están sometidos a fuerzas de compresión alrededor de la sección transversal del casco, lo que recomienda tener una estructura transversal.



Todos los buques deben tener como mínimo los siguientes mamparos transversales [Pt B, Ch 2, Sec 1]:

- Un mamparo de colisión
- Un mamparo de pique de popa
- Dos mamparos uno en la proa de cámara de máquina y otro a popa; en buques de carga, estos mamparos son tipo estancos y sirven para separar la cámara de máquinas de los espacios de alojamiento.

Basando en la tabla siguiente se determina el número de mamparos según la eslora y la localización de la cámara de máquinas:

Table 1 : Number of bulkheads

Length (m)	Number of bulkheads for ships with aft machinery (1)	Number of bulkheads for other ships
$L < 65$	3	4

Teniendo en cuenta que en este tipo de buques suelen tener la cámara de máquinas prácticamente en la zona central, se requiere 4 mamparos.

• Mamparo de colisión

El mamparo de colisión se sitúa a una distancia del perpendicular de proa de la eslora L_L , como distancia mínima es 5% de la eslora de línea de carga y la máxima es de 8%.

$$d_{\text{mínima}} = 5\% L_L$$

$$d_{\text{mínima}} = 2 \text{ m}$$

$$d_{\text{mínima}} = 8\% L_L$$

$$d_{\text{mínima}} = 3,2 \text{ m}$$

A petición del propietario o el armador se acepta una distancia desde el mamparo de colisión a la perpendicular de proa FPL_L , esta distancia debe ser mayor que el máximo especificado anteriormente, siempre que la subdivisión y los cálculos de estabilidad muestran que, cuando el buque se encuentre en condiciones de francobordo verano a plena carga, la inundación del espacio delantero del mamparo de colisión no permitirá que la cubierta de francobordo sumerge, o cualquier pérdida inaceptable de la estabilidad.



Consideramos el valor máximo 3,2 m como distancia del mamparo de colisión al extremo de proa en la línea de flotación, está situado (referencia en el perpendicular de popa de flotación) a 34.2 m, lo que significa que el mamparo está en la cuaderna 57 y llega hasta la cuaderna de botes.

- **Mamparo de Pique de popa**

En buques de menos de 65 m, para minimizar el peligro de penetración del agua al buque en caso de daños de la bocina. A la popa del mamparo de pique se monta la caja de empaqueta dura de la bocina, debe ser un espacio estanco de volumen reducido. Por eso es conveniente que la disposición del mamparo en la cuaderna 5 y llega hasta la cubierta principal.

4. Cubiertas

Los remolcadores de altura y de salvamento se caracterizan por varias cubiertas separadas entre sí mediante una altura de entrepuentes. Esa altura varia depende el tipo de carga o de tipo de cubiertas, en este caso se ha considerado un valor de 2800 mm como valor bruto.

4.1. Cubierta de plataforma

Está situada a 3600 mm de la línea de base, debajo de la cubierta principal y dispone, de proa a popa de los siguientes espacios:

- Tanque de lastre a pique de proa
- Tanques de agua dulce
- Tanques de agua dulce en los laterales del pañol
- Cabina de control
- Tanques laterales de combustible gasoil.
- Pañol y taller
- Tanques de REC.OIL
- Local del servomotor.
- Agua dulce en pique de popa.

A proa de la cubierta se encuentra el acceso a la sala de control de cámara de máquinas.



4.2. Cubierta principal

En la cubierta principal, de popa a proa, se encuentra:

- Elementos de remolque y amarre, bita guía dinámica para remolque etc.
- Chigre principal de remolque en la zona central,
- Equipo de antipolución uno a cada banda
- Guardacalor, local de CO₂ y aire acondicionado
- Pañol de cubierta, morgue
- Camarotes, comedor, salón, aseos y lavandería, etc. Se dará más detalles en la parte de habilitación
- Hospital, camarotes para enfermeras
- Espacio específico para acomodar náufragos.
- Cajas de cadenas y Gambuza seca.
- Tanque de lastre

Teniendo en cuenta las formas del barco que hemos obtenido, la altura de la cubierta principal respecto a la línea de base es de 6400 mm.

4.3. Cubierta de botes

Está a 9200 mm de altura, se dispone de:

- Cocina con Gambuzas frigoríficas.
- Camarotes para tripulación con comedor y salón
- Zona de rescate, En esa zona se sitúa bote de rescate rápido, dispone de un sistema de arriado por un pescante. Y un Grúa situada a popa a lado babor
- Generador de emergencia
- Guardacalor y aire acondicionado

4.4. Cubierta de castillo

El propósito de montar la cubierta de castillo es por mejorar la capacidad de trabajo del remolcador cuando está expuesto al agua, y que minimiza la probabilidad de que se embarca el agua.

Esta cubierta se encuentra a una altura de 12000 mm, se dispone a proa de elementos destinados al amarre y fondeo. En la zona central se encuentra los camarotes del capitán, jefe de cámara de maquinas, medico y oficial. Con salón y oficina. En las bandas se colocan las Balsas salvavidas



4.5. Cubierta de Puente

Esta dispuesta a 14800 mm encima de la habilitación, se diseña el puente para obtener una visibilidad óptima. Con este objetivo lleva acristalado todo su perímetro, así mismo lleva barandillado en el exterior. Para no interferir la visibilidad hacia popa las chimeneas suelen disponerse lateralmente.

Como el remolcador ejerce el servicio de lucha contra incendios, se instala una plataforma para la colocación de los monitores, eso se determina según la cota de especificación correspondiente a esa tarea.

Todos los espacios de habilitación y del puente cuentan con un sistema de climatización mediante ventiladores.

En el techo del puente de gobierno (altura de 17600 mm) está el palo con los masteleros de luces, señales y las antenas de los equipos de navegación y de comunicaciones, también dos cañones mixtos para espuma y agua, instalados a cada banda.

El puente de gobierno dispone de sistemas como:

- Sistemas de control de remolque
- Sistema de control local de los propulsores azimutales, como reguladores de motor, tuberías y cables etc.
- Sistema de mando del aparato de gobierno; equipo por medio del cual se transmiten órdenes desde el puente de navegación al propulsor azimutal
- Control del sistema de detección de incendios y sus correspondientes alarmas acústicas que se ha instalado en una de las consolas del puente.

La altura mínima de la cubierta de saltillo y la altura de todo resto de superestructura, viene definida en la tabla siguiente (Pt B, Ch 1, Sec 2):

Table 2 : Standard height of superstructure

Load line length L_{LL} in m	Standard height h_s in m	
	Raised quarter deck	All other superstructures
$L_{LL} \leq 30$	0,90	1,80
$30 < L_{LL} < 75$	$0,9 + 0,00667 (L_{LL} - 30)$	1,80
$75 \leq L_{LL} < 125$	$1,2 + 0,012 (L_{LL} - 75)$	$1,8 + 0,01 (L_{LL} - 75)$
$L_{LL} \geq 125$	1,80	2,30



Para nuestra eslora es el caso de $30 < L_L < 75$:

- Como valor mínimo de la altura de resto de superestructuras: $h_s = 1800 \text{ mm}$
- La altura mínima de la cubierta de saltillo: $h_{C. \text{ castillo}} = 967 \text{ mm}$

La cubierta de saltillo se encuentra en la parte de proa del primer mamparo con una distancia mínima de 7% de la eslora entre perpendiculares:

$$L_{\text{cde castillo mínimo}} = 7\% L_{PP}$$

$$L_{\text{cde castillo mínimo}} = 2800 \text{ mm}$$

5. Disposición de Cámara de Maquinas

La zona de la cámara de maquinas está centrada en la cuaderna maestra (cuaderna 31), limitada por el mamparo de popa de cámara de maquinas que está en la cuaderna 20 y por mamparo de proa (de cámara de maquinas) situado en la cuaderna 48. Los dos mamparos llegan hasta la cubierta principal.

Esta zona se considera según los reglamentos BV espacios de máquinas de categoría A, que alberga los propulsores, motores de combustión interna para la propulsión principal (prácticamente centrados), calderas, compresores, generadores eléctricos, Generadores de gas, refrigeración, estabilizadoras, ventilación y aire acondicionado para las maquinas.

En cuanto a la seguridad y el diseño de los equipos de la cámara de maquinas (motores, calderas, compresores y sistemas de tuberías y accesorios) deben estar instalados y protegidos, con fin de reducir el peligro para las personas a bordo. Teniendo en cuenta los materiales utilizados en la construcción, el propósito para el que está destinado el equipo, las condiciones de trabajo a las que estará expuesto y las condiciones ambientales de a bordo. Otro problema es intentar minimizar las vibraciones para que no causaran tensiones excesivas.

La disposición debe cumplir con que se permite la inspección y el mantenimiento de motores propulsores principales y auxiliares. Estos equipos deben ser provistos de iluminación y ventilación adecuadas.

El acceso a las diferentes partes de la cámara debe ser fácil y por medio de escaleras metálicas y rejas equipadas con pasamanos fuertes y seguros, también las chapas del piso de los pasillos en la cámara están hechas de acero con rejas.



6. Doble fondo

Se monta el doble de fondo extendiendo desde el mamparo de colisión hasta el mamparo de pique de popa, por lo que es compatible con el diseño y con las correctas tareas del barco (Pt B, Ch 2, Sec 2).

El forro interior se prolonga hasta los costados del buque para proteger la parte inferior de los derrames de las sentinas, se monta paralelo a la quilla y a una altura h medida desde la línea de la quilla, se calcula según la fórmula:

$$h = B / 20$$

Siendo B , la manga máxima $h = 600 \text{ mm}$

El valor no tiene que ser menor de 760 mm ni mayor de 2 m, como el buque proyecto no llega al mínimo, se toma un valor más alto para reducir las discontinuidades estructurales:

$$h = 1200 \text{ mm}$$

En el doble fondo existen túneles pequeños que usan en el achique de bodegas. Estos huecos se permiten extender hasta el forro exterior del doble fondo en caso que si están situados detrás del túnel del eje, se puede permitir otros túneles en cuanto que aseguran una protección equivalente a la proporcionada por el doble fondo.

La distancia entre el fondo del túnel hasta la línea de la quilla no tiene que ser inferior de 500 mm. No es necesario montar el doble fondo en donde están los tanques secos de combustible, por lo provisto que la seguridad se afectara o avería en el costado.

En el doble fondo hasta la cubierta de plataforma se aloja de proa a popa:

- Tres tanques de agua de lastre separados por el espacio de la hélice transversal de proa
- Cuatro tanques de gasoil
- Dos tanques de líquido uno de espumógeno y otro de dispesnate
- Un tanque de lodos
- Un tanque de reboses
- Un tanque de aceite de lubricación
- Un tanque de aceite hidráulico
- Un tanque de aceite sucio
- Un tanque de aguas de sentinas
- Dos tanque de gasoil
- Dos tanques de servicio diario de gasoil
- Tres tanques de gasoil



7. Cofferdam

Se trata de un espacio vacío dispuesto de manera que los compartimentos a cada lado no tienen lado común, se monta como separación de 600 mm entre los tanques. Un cofferdam puede estar situado verticalmente u horizontalmente y estar adecuadamente ventilado y con suficiente tamaño para permitir la inspección.

Disposición de cofferdam:

- Se monta entre tanques de combustible y tanques de aceite para lubricación.
- Su compartimiento está entre tanques de hidrocarburos líquidos (sea aceite de lubricación o combustible) y tanques de agua dulce o para refrigeración (propulsores y calderas)
- Otro compartimiento está entre tanques de hidrocarburos líquidos (sea aceite de lubricación o combustible) y tanques de espuma líquida de la extinción de incendios.

8. Local de Servomotor y de la Hélice transversal

Se aloja el propulsor azimutal entre la cuaderna 3 (donde el mamparo de pique de popa) y entre la cuaderna -4 en un espacio estanco para evitar avería o daños.

Las hélices transversales de maniobra se alojan en un túnel a popa del mamparo de colisión entre la cuaderna 57 y 53 a 1600 mm de la línea de base.

9. Zona de Remolque

La zona de remolque se considera zona de trabajo sobre la cubierta principal entre la cuaderna -5 y la cuaderna 31, para estos tipos de buque consta de:

- **Chigre de Remolque**

Consiste en una máquina hidráulica provista de uno o dos tambores donde se monta el cable de remolque. El sistema puede ser automático de tensión o longitud constante, o no automático.

El chigre está alojado justo detrás de la habilitación en la cuaderna 22, debe instalarse lo más bajo posible para no disminuir la estabilidad y ser posible coincidiendo con el centro de resistencia lateral para facilitar la maniobrabilidad del remolcador.

La desventaja del chigre de remolque es que no es posible pasar de la situación de remolque hacia adelante a hacia atrás, especialmente en maniobras en lugares estrechos.

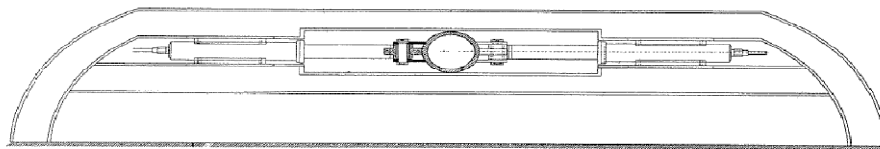


- **Bitas**

En cubierta deber haber suficientes bitas para hacer firmes los cabos de remolque y colocadas en los lugares apropiados para ser usadas en diversos tipos de remolques, ya sea por la proa o abarloado o por popa.

La seguridad y eficacia del remolcador reside en que la línea de remolque no falle. Sin embargo, éste es el accidente más frecuente durante las labores de remolque, conviene añadir una bita de guía dinámica cerca a la popa de espejo.

La característica principal de la bita guía dinámica consiste en desplazar la guía transversalmente para compensar el alargamiento de la línea de remolque aprovechando la diferencia geométrica. La magnitud de este desplazamiento compensa el alargamiento sufrido por la línea de remolque entre la maquinilla y la guía, cuando aquella está sometida a elevados esfuerzos.



Bita guía dinámica

- **Gancho de remolque**

Consiste en un gancho de construcción especial que permite desenganchar el cable de remolque automáticamente desde el puente. La situación del gancho debe ser coincidiendo con el centro de resistencia lateral o algo hacia popa del mismo, dependiendo del sistema propulsor, con el fin de dar la máxima maniobrabilidad al remolcador, su altura será mínima para evitar una pérdida de estabilidad del remolcador.

- **Cable de remolque**

El cable de remolque se emplea para remolques largos, costeros y oceánicos, en los cuales se requiere mucha longitud y gran resistencia. El cable va enrollado en el tambor del chigre de remolque.

Una grúa de accionamiento electrohidráulico, para manejo en general de equipos. Está en la cuaderna 29



10. Espacio de Fondeo y Amarre

La zona del fondeo y amarre esta a proa de la cubierta de castillo se encuentra entre la cuaderna 54 y 64, repartiendo los elementos correspondientes de forma simétrica respecto al plano de crujía como se observa en el dibujo:

Para el fondeo consta de dos anclas y disponen de dos cajas de cadenas separadas (están alojadas en la cubierta principal), una para cada línea de fondeo, con su dispositivo de achique correspondiente.

Para las maniobras de fondeo disponen de dos molinetes hidráulicos de fondeo, con dos barbotenes o carretel de alambre para las anclas y dos cabirones para operaciones de amarre a cada banda. El control del molinete es local y protegido de la intemperie por una caja.

Para el amarre se han dispuesto suficientes bitas, repartidas en los dos lados del costado, y otras dispuestas cerca a la crujía y más a proa, el resto está a popa de la cubierta principal en el perímetro.

Como elementos de guía se dispone de gateras a cada banda a proa y otras sobre el plano de crujía (gatera de panamá), monaguillos situados a cada banda, guías triples (galápago) situadas a proa sobre la brazola del castillo y gatera panamá montada sobre el plano de crujía. Los cabos de amarre suministrados están de acuerdo con las exigencias de la sociedad de clasificación BV.

11. Habitación

Según la especificación tenemos de 10 tripulantes y 9 náufragos, dispone de habitación distribuida en tres cubiertas:

- **Cubierta de bote**

Se dispone de tres camarotes dobles dotados de cama litera para 6 tripulantes, armario y escritorio, un local sanitario con lavabo y un vestuario. Una cocina de acero inoxidable, con una zona de congelado en su interior.

- **Cubierta de castillo**

Se dispone de cuatro camarotes dotados de escritorio, armario y lavabo para oficial, capitán, jefe de maquinas y el ultimo para el médico.



- **Sobre la cubierta principal**

Se dispone de dos camarotes, uno de tres camas doble para 6 náufragos, y el otro de tres camas normales para 3 náufragos. Un camarote doble para dos enfermeras, hospital, salón comedor para 9 personas, local sanitario con lavabo, ducha, un corredor o pasillo de acceso transversal que tiene dos puertas de entrada, una a cada costado, y que permite la comunicación hacia habitación a proa. La zona de habitación dispone de aire acondicionado.

12. Capacidad de Tanques

En el cuaderno 01 se ha dimensionado la capacidad de combustible, del agua dulce y el peso del aceite. Nos queda por determinar el resto de tanques necesarios y sus disposiciones. Es importante una distribución simétrica según el plano de crujía para evitar problemas de estabilidad o de deformación estructural.

Teniendo en cuenta la especificación del combustible, de un consumo específico de 184 gr/Kw·h y una densidad 850 kg/m³.

12.1. Tanque de Combustible

La capacidad total del combustible es de 360 m³, la distribución se hará respecto a los reglamentos de BV:

Los tanques de combustible no deben estar situados directamente encima de la caldera o sitios sometidos a temperaturas altas. La distancia mínima entre una caldera y un tanque es de 450 mm. Los tanques del doble fondo se sitúan debajo y fuera del espacio de la cámara de máquina, se puede alojar verticalmente los tanques de combustible (no pertenecen al doble fondo) a los dos lados de la cámara de máquinas.

12.2. Tanque de Servicio Diario

Es un tanque de combustible listo para el uso inmediato con una calidad necesaria. En el caso que se usa solo un tipo de combustible para los motores principales y auxiliares y las calderas se cumple el reglamento (Pt C, Ch 1, Sec 10):

Dos tanques de servicio, cada uno de una capacidad suficiente por lo menos durante 8 h de funcionamiento del motor principal (s), motores auxiliares y caldera auxiliar (s).

$$\text{Peso}_{\text{tanque servicio diario}} = 0,184 \cdot (3696) \cdot 8$$

$$\text{Peso}_{\text{tanque servicio diario}} = 5.4 \text{ t}$$

$$V_{\text{tanque servicio diario}} = 6 / 0,85 = 6.4 \text{ m}^3$$



Es una capacidad mínima de 6.4 m^3 para un tanque, como capacidad máxima se estima dos tanques de 15 m^3 cada uno.

12.3. Tanque de aceite

La capacidad total del aceite es de $13,5 \text{ m}^3$ para lubricación (de motores principales, los motores auxiliares o generadores) y para suministrar aceite hidráulico debido a los circuitos hidráulicos:

- Capacidad del tanque de aceite de lubricación es de $6,3 \text{ m}^3$
- Capacidad del tanque de aceite hidráulico será de $3,2 \text{ m}^3$
- Capacidad del tanque de aceite sucio 4 m^3

12.4. Tanque de agua dulce

La disposición del agua dulce será en dos tanques de capacidad 30 m^3 cada uno. El volumen de agua dulce tiene que cubrir tres necesidades:

- Refrigeración de motores principales, los motores auxiliares o generadores, se estima en función de la capacidad del circuito
- Alimentación de calderas es depende de la capacidad de las calderas
- Tanques para agua de servicios sanitarios y potables, en caso que dispone un generador de agua se disminuirá el volumen.

12.5. Tanque de lastre

Las ventajas de los tanques de lastre:

- Conseguir un calado mínimo en popa sobre el punto más alto del diámetro de la hélice. Conseguir un calado mínimo en proa que disminuya el "Slamming" (golpeteo en proa)
- Mejoran la estabilidad y trimados, con tanques relativamente llenados de agua de mar, recordando siempre que los tanques parcialmente llenos afectan desfavorablemente a la estabilidad y pueden ser peligrosos.
- Compensar consumos y mantener asientos, facilitan la navegación del buque
- Disminuir momentos flectores y mejoran los requisitos de resistencia longitudinal
- se utilizan como tanques zonas inservibles para otros usos



La disposición del tanque según los reglamentos BV (Pt A, Ch 1, Sec 2) exigen que:

Los medios para el drenaje y el bombeo de los tanques de lastre están a proa de la mamparo de colisión, la ubicación de los cuales es accesible desde la puente de navegación o una posición de control de las máquinas propulsoras, sin atravesar las cubiertas de francobordo o de superestructuras expuestos. Para este tipo de remolcador se estima una capacidad total de 63 m^3

12.6. Tanque de reboso

$$V_{\text{reboso}} = 10 \text{ m}^3$$

12.7. Tanque de lodos

$$V_{\text{lodos}} = 6.3 \text{ m}^3$$

12.8. Tanque de sentinas y de agua sucias

$$V_{\text{sentinas}} = 10 \text{ m}^3$$

12.9. Tanques dispersante y espumógeno

Son dos tanques, se estima cada uno con una capacidad:

$$V = 20 \text{ m}^3$$

12.10. Tanques de REC Oíl

$$V_{\text{REC Oíl}} = 64 \text{ m}^3$$



13. Referencias

- Proyecto Básico del Buque Mercante, Madrid 2007. Fondo Editorial de Ingeniería Naval
- Design and Construction. Taggart, R. Ship
- Buques de Salvamento y Lucha contra la contaminación. Ingeniería Naval Diciembre 2005.
- Gaston, M. J. The Tug Book.
- [www. Wartsila .com](http://www.Wartsila.com)



Cuaderno 04:

Cálculos de Arquitectura Naval

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun

Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Carenas rectas. Curvas hidrostáticas.....	3
3. Carenas inclinadas. Curvas KN.....	18
4. Capacidad de tanques y c. de g de espacios	33
5. Calculo de francobordo y de arqueo.....	35
5.1 Francobordo	35
5.2 Arqueo	43
6. Referencias	45



1. Introducción

Este cuaderno se trata de definir la capacidad de los tanques y localizarles según los servicios que desempeñan el remolcador y la especificación relacionada con la normativa de Bureau Veritas.

Una vez definidos los tanques se calculara las curvas hidrostáticas para distintos trimados. Para su cálculo se usa el programa de arquitectura naval, especialmente el modulo Hydromax del Maxurf. Se hará también un análisis de estabilidad a grandes ángulos usando el mismo programa, que trata de calcular las curvas KN para diferentes trimados variando ángulos de escora.

Al final se procederá a calcular el francobordo, de acuerdo con el 'convenio internacional sobre líneas de carga' de la organización marítima internacional (OMI) y posteriormente el arqueo, de acuerdo con el 'convenio internacional sobre arqueo de buques del 23 de junio de 1969 (Londres)'.



2. Carenas Rectas. Curvas Hidrostáticas

Se llaman también curvas hidrostáticas y se presentan normalmente en un diagrama en donde la ordenada es los calados que están entre el calado mínimo y el calado de escantillado, y las abscisas son las diferentes características geométricas de las formas del buque a distintas escalas.

Las principales curvas hidrostáticas son:

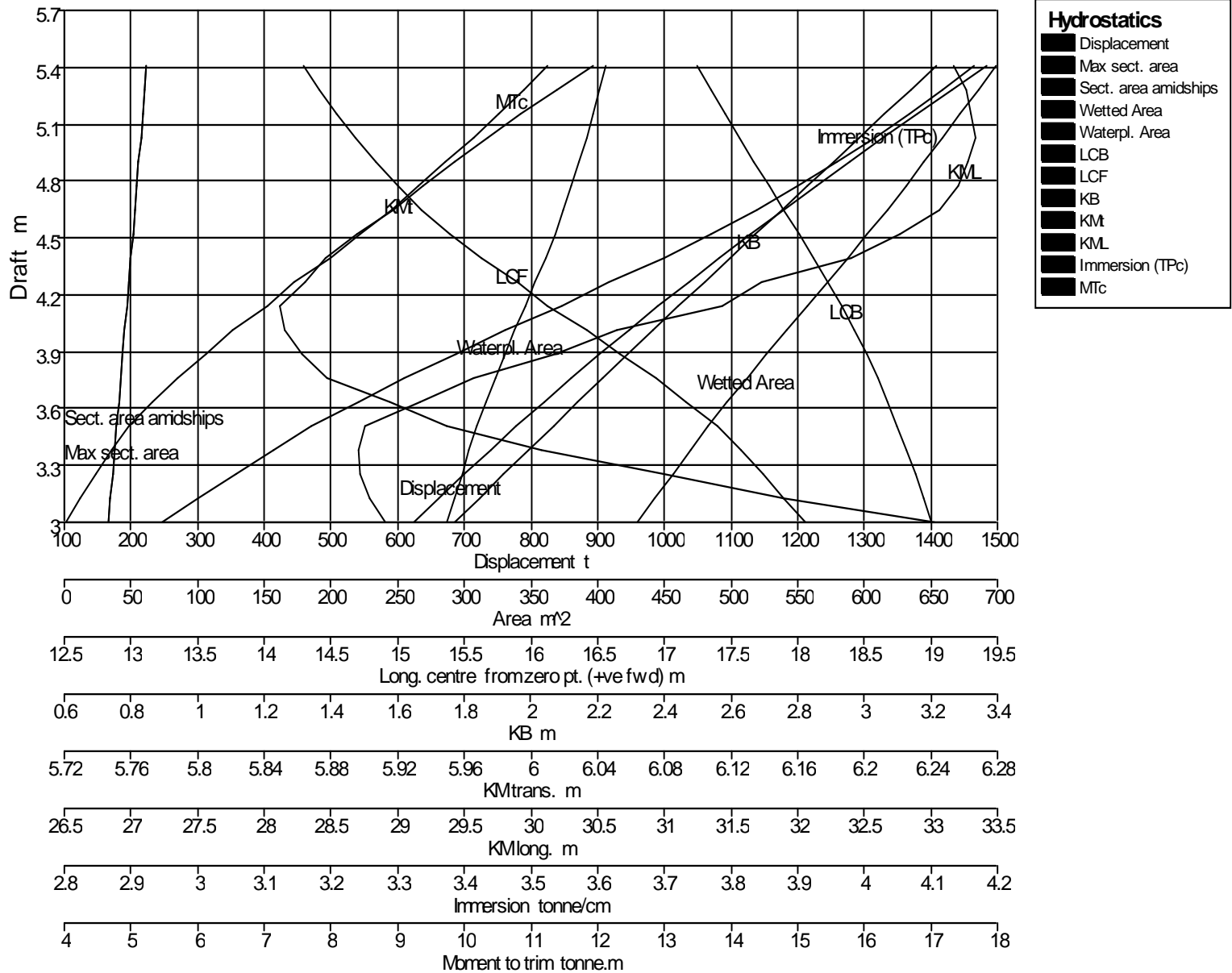
- Desplazamiento en toneladas
- Área de flotación
- Toneladas por un 1 cm de inmersión
- Posición longitudinal del centro de carena
- Altura del centro de carena
- Posición longitudinal del centro de carena
- Radio metacéntrico transversal
- Radio metacéntrico longitudinal
- Momento para trimar el barco 1 cm

Los cálculos en general se realizan sin trimado sin escora pero según este tipo de barcos es conveniente probar los cálculos con distintos trimado usando el programa Maxurf Stability, como resultados nos da tablas y curvas donde se representa todo las características en función del calado de forma asequible.



Trimado: -0.2 m

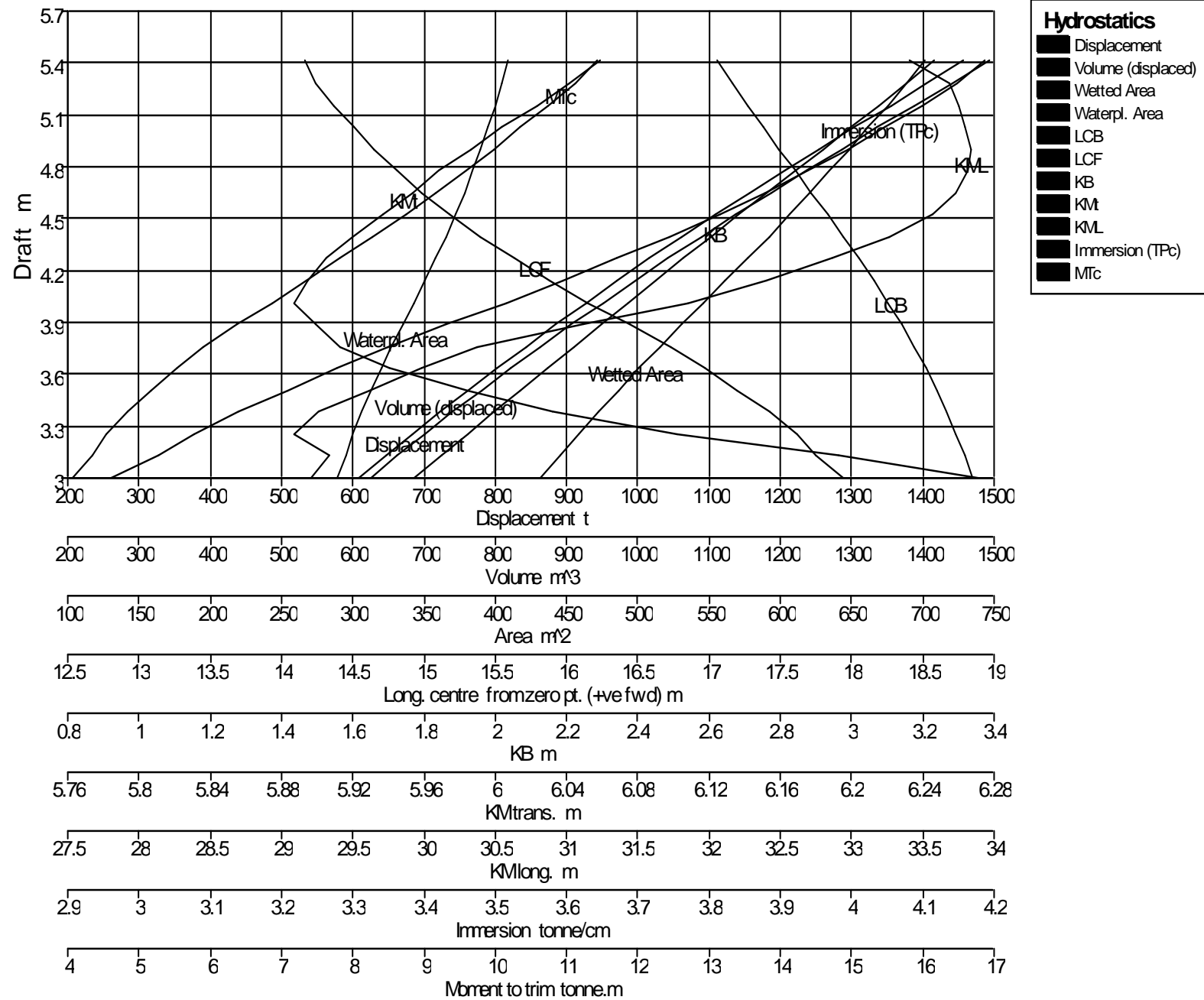
T(m)	DISW(t)	Vol(m ³)	SMO(m ²)	AFL(m ²)	C _p	C _B	C _m	C _F	XCC(m)	XCF(m)	ZCC(m)	KMt(m)	KML(m)	TPc	MTc
3	623.4	608.211	429.694	287.392	0.494	0.437	0.888	0.651	19.002	18.055	1.772	6.243	28.912	2.946	4.012
3.127	661.1	644.981	442.949	292.796	0.5	0.444	0.892	0.662	18.944	17.9	1.846	6.152	28.794	3.001	4.234
3.254	699.6	682.491	456.344	298.288	0.506	0.451	0.896	0.673	18.882	17.74	1.919	6.079	28.719	3.057	4.466
3.381	738.7	720.644	469.567	303.725	0.511	0.458	0.9	0.683	18.818	17.574	1.993	6.006	28.706	3.113	4.713
3.507	778.5	759.53	482.946	309.349	0.517	0.465	0.903	0.694	18.749	17.4	2.067	5.949	28.755	3.171	4.978
3.634	819.2	799.224	497.512	316.245	0.522	0.471	0.907	0.707	18.676	17.165	2.141	5.915	29.168	3.242	5.329
3.761	860.7	839.739	511.862	322.973	0.527	0.478	0.91	0.72	18.598	16.934	2.216	5.878	29.575	3.31	5.693
3.888	903.2	881.146	527.006	330.576	0.533	0.485	0.913	0.735	18.515	16.666	2.291	5.862	30.186	3.388	6.122
4.015	946.6	923.551	541.714	337.729	0.538	0.491	0.915	0.749	18.424	16.422	2.367	5.852	30.647	3.462	6.535
4.142	991.1	966.883	557.166	345.978	0.542	0.496	0.918	0.763	18.328	16.125	2.443	5.85	31.433	3.546	7.051
4.268	1036	1011.21	571.968	352.856	0.543	0.498	0.92	0.768	18.226	15.904	2.52	5.865	31.727	3.617	7.456
4.395	1083	1056.507	587.651	360.868	0.544	0.5	0.922	0.777	18.12	15.625	2.597	5.877	32.398	3.699	7.985
4.522	1130	1102.741	602.476	367.873	0.545	0.502	0.924	0.784	18.011	15.397	2.674	5.896	32.768	3.771	8.447
4.649	1179	1149.836	617.09	374.587	0.547	0.505	0.926	0.791	17.899	15.184	2.752	5.917	33.062	3.84	8.902
4.776	1228	1197.734	631.071	380.563	0.549	0.508	0.928	0.797	17.787	15.002	2.829	5.935	33.203	3.901	9.319
4.903	1278	1246.377	644.854	386.201	0.551	0.511	0.93	0.802	17.675	14.837	2.907	5.954	33.273	3.959	9.722
5.029	1328	1295.721	658.607	391.714	0.554	0.515	0.932	0.807	17.564	14.678	2.985	5.974	33.331	4.015	10.128
5.156	1379	1345.722	672.041	396.752	0.557	0.518	0.933	0.812	17.454	14.541	3.062	5.994	33.301	4.067	10.507
5.283	1431	1396.363	685.469	401.685	0.559	0.521	0.935	0.816	17.346	14.408	3.14	6.016	33.267	4.117	10.89
5.41	1484	1447.616	698.663	406.235	0.561	0.524	0.936	0.819	17.239	14.292	3.217	6.037	33.173	4.164	11.253





Trimado: 0.0 m

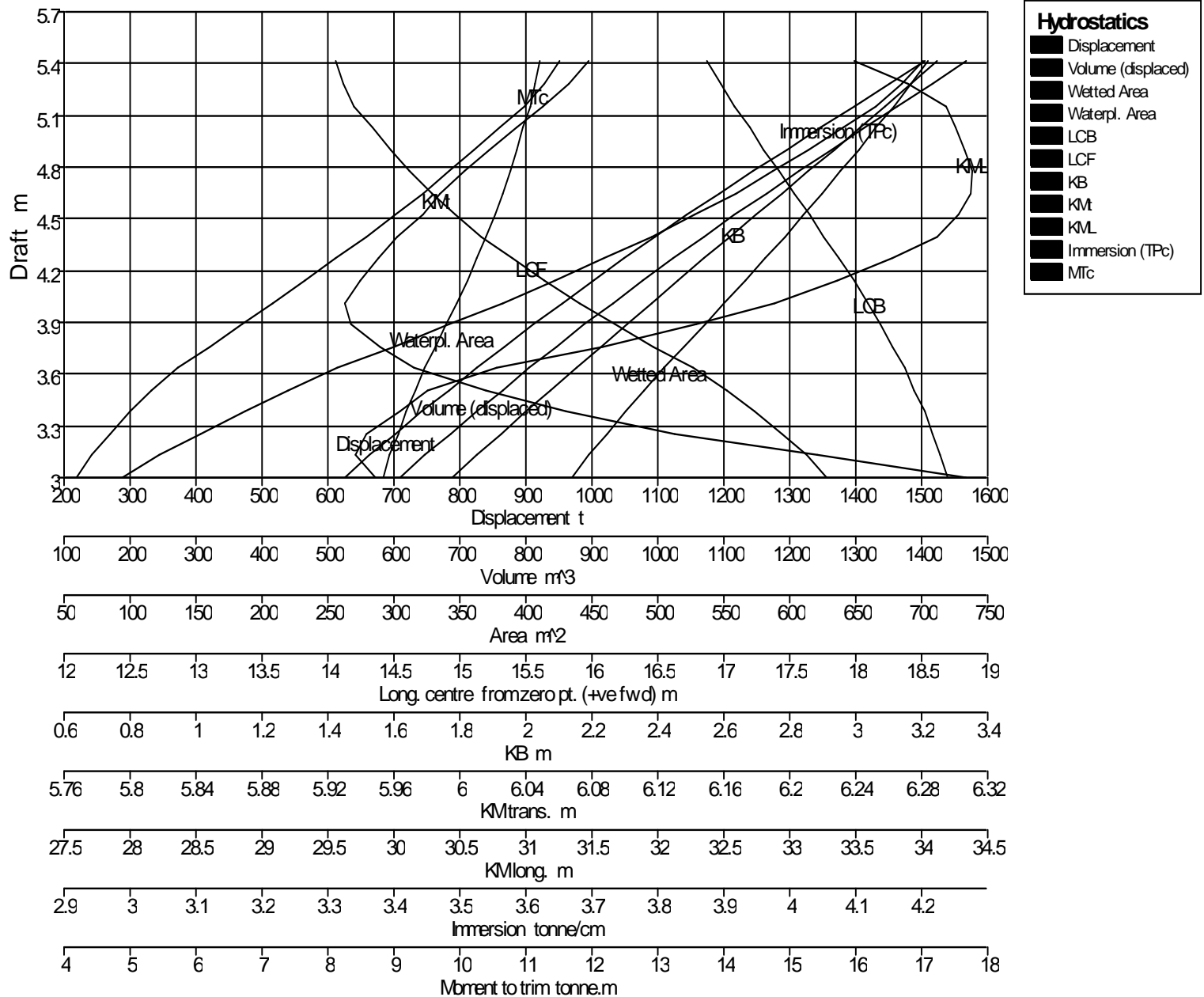
T(m)	DISw(t)	Vol(m ³)	SMO(m ²)	AFL(m ²)	Cp	C _B	C _m	C _f	XCC(m)	XCF(m)	ZCC(m)	KMt(m)	KML(m)	TPc	MTc
3	624.4	609.14	431.395	288.896	0.494	0.437	0.883	0.655	18.854	17.945	1.774	6.271	29.211	2.961	4.069
3.127	662.4	646.204	445.743	295.278	0.5	0.444	0.888	0.667	18.796	17.751	1.848	6.193	29.34	3.027	4.339
3.254	701.1	683.966	458.236	300.105	0.506	0.451	0.892	0.677	18.735	17.621	1.922	6.102	29.084	3.076	4.545
3.381	740.5	722.449	472.128	306.266	0.512	0.459	0.896	0.689	18.67	17.424	1.996	6.032	29.261	3.139	4.835
3.507	780.8	761.707	486.612	313.052	0.518	0.465	0.899	0.702	18.6	17.195	2.071	5.985	29.617	3.209	5.173
3.634	821.9	801.818	500.93	319.776	0.523	0.472	0.903	0.715	18.525	16.968	2.146	5.94	29.988	3.278	5.527
3.761	863.9	842.814	515.319	326.691	0.529	0.479	0.906	0.729	18.443	16.734	2.221	5.912	30.368	3.349	5.898
3.888	906.9	884.816	530.977	334.852	0.535	0.486	0.909	0.745	18.355	16.441	2.297	5.899	31.114	3.432	6.374
4.015	951	927.76	546.341	342.927	0.54	0.492	0.912	0.759	18.26	16.15	2.374	5.887	31.846	3.515	6.87
4.142	996	971.711	561.166	350.761	0.54	0.493	0.914	0.767	18.159	15.882	2.451	5.895	32.407	3.595	7.346
4.268	1042	1016.653	576.977	358.173	0.541	0.496	0.917	0.774	18.053	15.633	2.529	5.905	32.861	3.671	7.813
4.395	1089	1062.558	591.986	365.386	0.542	0.498	0.919	0.781	17.943	15.394	2.607	5.92	33.262	3.745	8.283
4.522	1137	1109.344	606.714	372.248	0.545	0.502	0.921	0.789	17.831	15.173	2.685	5.937	33.573	3.816	8.743
4.649	1186	1156.961	620.827	378.441	0.547	0.505	0.923	0.795	17.718	14.983	2.763	5.954	33.725	3.879	9.167
4.776	1235	1205.345	634.791	384.282	0.549	0.508	0.925	0.8	17.604	14.807	2.841	5.968	33.822	3.939	9.582
4.903	1286	1254.435	648.492	389.786	0.552	0.512	0.927	0.805	17.492	14.648	2.919	5.987	33.838	3.995	9.978
5.029	1337	1304.199	661.95	394.881	0.555	0.515	0.929	0.81	17.381	14.507	2.997	6.003	33.791	4.048	10.357
5.156	1388	1354.608	675.429	399.917	0.557	0.518	0.93	0.814	17.271	14.369	3.075	6.023	33.747	4.099	10.741
5.283	1441	1405.639	688.858	404.731	0.56	0.521	0.932	0.818	17.163	14.241	3.153	6.042	33.687	4.148	11.122
5.41	1494	1457.228	701.791	408.476	0.565	0.527	0.933	0.823	17.058	14.159	3.231	6.059	33.411	4.187	11.42





Trimado: 0.2 m

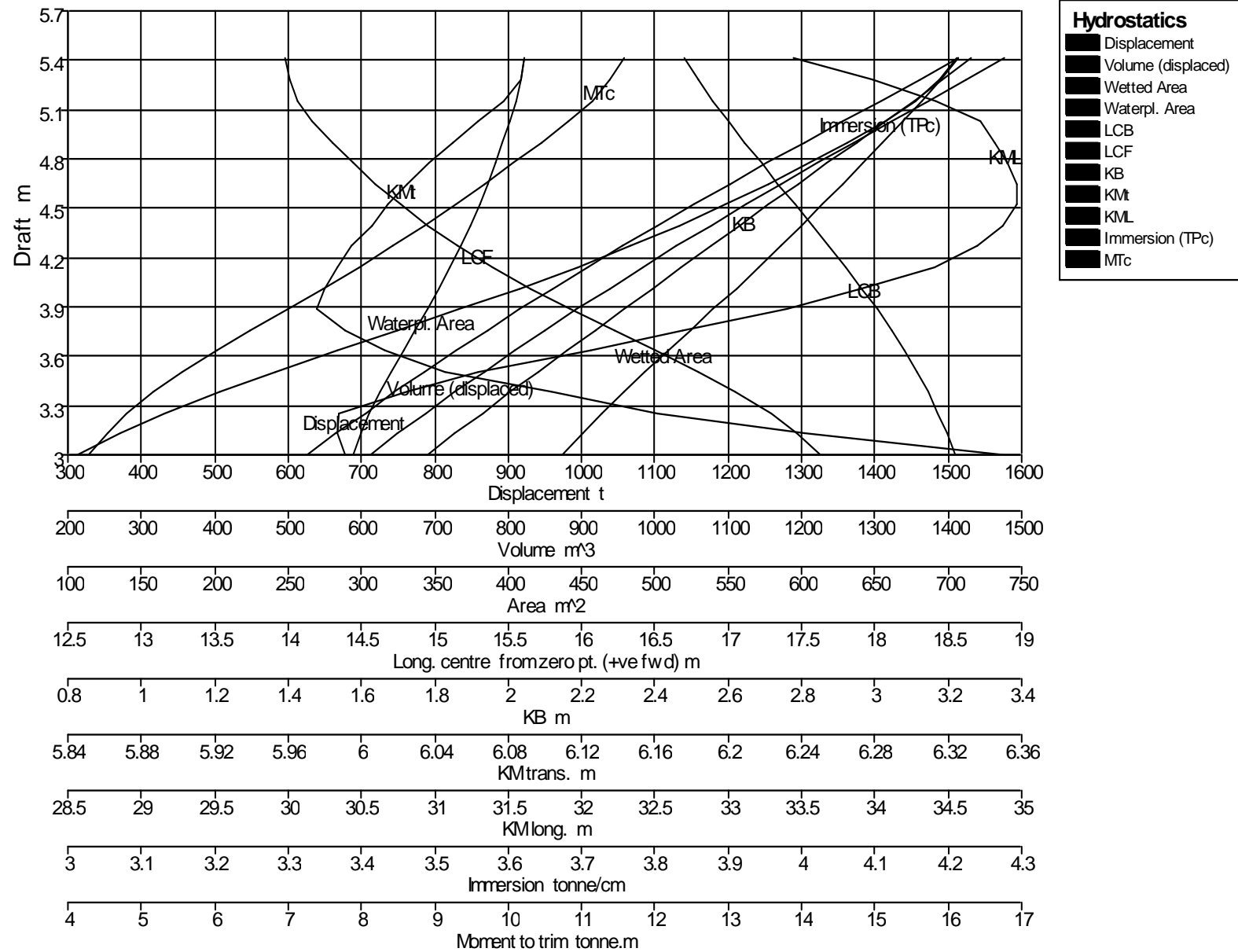
T(m)	DISw(t)	Vol(m ³)	SMO(m ²)	AFL(m ²)	C _p	C _B	C _m	C _F	XCC(m)	XCF(m)	ZCC(m)	KMt(m)	KML(m)	TPc	MTc
3	625.6	610.298	434.415	291.558	0.494	0.433	0.883	0.661	18.703	17.78	1.777	6.307	29.863	2.988	4.186
3.127	663.8	647.653	447.624	297.076	0.501	0.441	0.888	0.671	18.645	17.63	1.851	6.216	29.712	3.045	4.415
3.254	702.8	685.707	461.316	303.079	0.507	0.449	0.892	0.683	18.584	17.446	1.926	6.13	29.796	3.107	4.691
3.381	742.6	724.531	475.476	309.6	0.512	0.456	0.896	0.696	18.518	17.235	2.001	6.064	30.05	3.173	5.007
3.507	783.3	764.231	489.452	316.046	0.518	0.463	0.9	0.708	18.446	17.027	2.076	6.016	30.258	3.239	5.325
3.634	824.9	804.812	504.279	323.373	0.524	0.47	0.903	0.723	18.367	16.771	2.152	5.972	30.783	3.315	5.724
3.761	867.5	846.377	520.088	331.769	0.53	0.477	0.906	0.74	18.281	16.469	2.228	5.952	31.581	3.401	6.206
3.888	911.2	888.929	535.519	339.855	0.537	0.485	0.909	0.756	18.188	16.179	2.305	5.934	32.289	3.484	6.691
4.015	955.8	932.506	550.368	347.77	0.537	0.486	0.912	0.763	18.089	15.903	2.383	5.93	32.881	3.565	7.171
4.142	1002	977.08	566.312	355.447	0.538	0.489	0.914	0.771	17.984	15.644	2.461	5.939	33.36	3.643	7.642
4.268	1048	1022.652	581.447	362.848	0.539	0.492	0.917	0.778	17.873	15.396	2.539	5.951	33.779	3.719	8.117
4.395	1096	1069.127	596.314	369.869	0.542	0.495	0.919	0.786	17.761	15.166	2.618	5.962	34.114	3.791	8.584
4.522	1144	1116.456	610.586	376.28	0.544	0.499	0.921	0.792	17.646	14.966	2.697	5.978	34.28	3.857	9.015
4.649	1194	1164.573	624.624	382.243	0.546	0.502	0.923	0.797	17.532	14.785	2.776	5.988	34.375	3.918	9.434
4.776	1244	1213.411	638.387	387.842	0.549	0.506	0.925	0.803	17.418	14.621	2.855	6.003	34.384	3.975	9.832
4.903	1295	1262.939	651.898	393.055	0.552	0.509	0.927	0.808	17.305	14.475	2.933	6.018	34.326	4.029	10.213
5.029	1346	1313.118	665.406	398.136	0.555	0.513	0.929	0.812	17.194	14.333	3.012	6.034	34.26	4.081	10.595
5.156	1398	1363.929	678.862	403.021	0.558	0.516	0.93	0.816	17.085	14.201	3.09	6.05	34.183	4.131	10.976
5.283	1451	1415.309	691.842	406.888	0.563	0.522	0.932	0.822	16.979	14.113	3.168	6.066	33.895	4.171	11.277
5.41	1504	1467.121	704.488	409.952	0.569	0.528	0.933	0.827	16.877	14.06	3.246	6.078	33.483	4.202	11.523





Trimado: 0.4 m

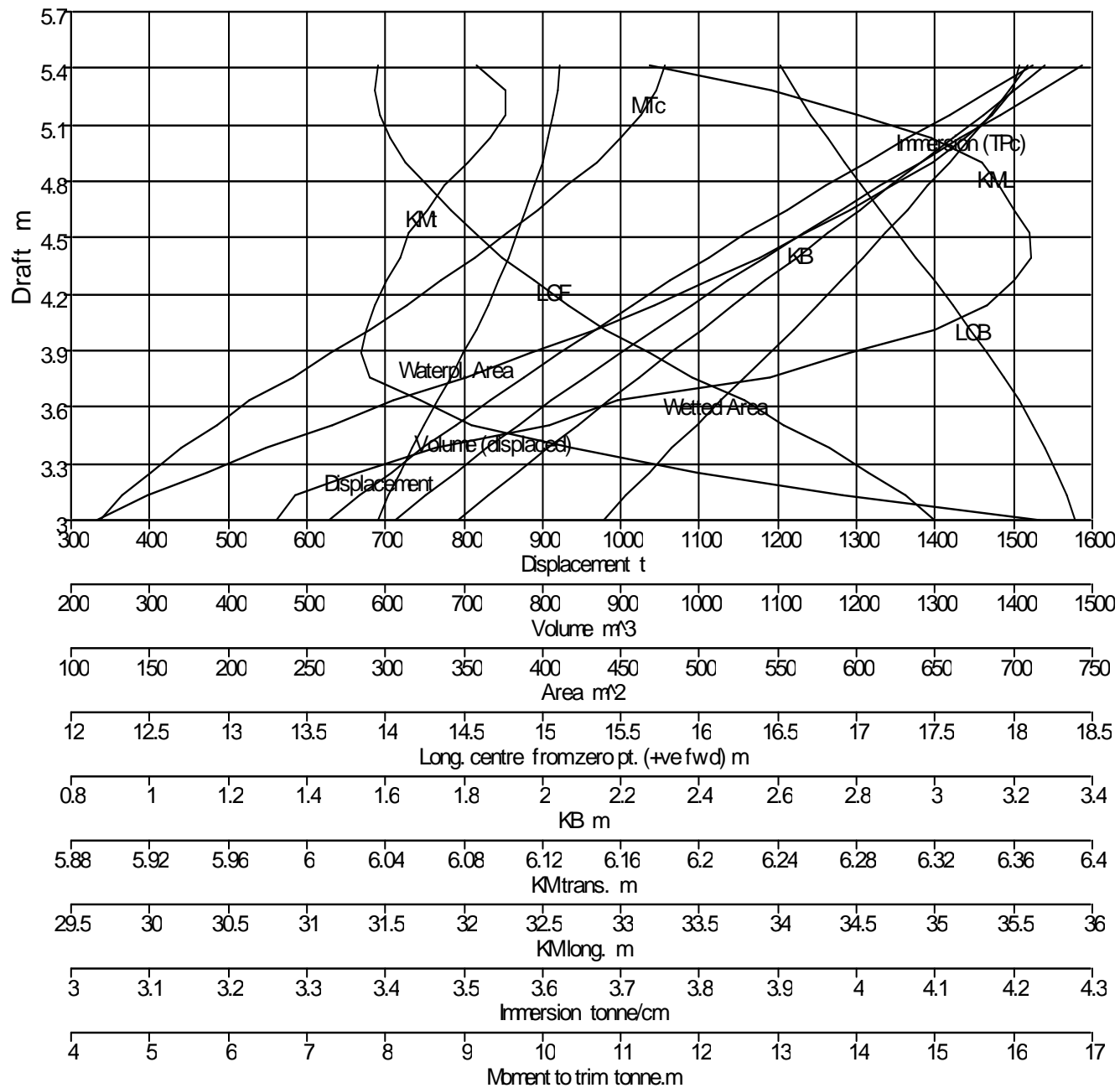
T(m)	DISw(t)	Vol(m ³)	SMO(m ²)	AFL(m ²)	Cp	C _B	C _m	C _f	XCC(m)	XCF(m)	ZCC(m)	KMt(m)	KML(m)	TPc	MTc
3	627	611.708	437.047	293.952	0.495	0.422	0.884	0.666	18.549	17.631	1.781	6.35	30.394	3.013	4.285
3.127	665.6	649.327	450.383	299.665	0.501	0.43	0.888	0.677	18.492	17.468	1.856	6.242	30.339	3.072	4.539
3.254	704.9	687.719	463.826	305.615	0.507	0.438	0.892	0.689	18.43	17.295	1.931	6.161	30.345	3.133	4.808
3.381	745.2	726.976	478.713	312.964	0.513	0.445	0.896	0.703	18.361	17.048	2.007	6.104	30.809	3.208	5.176
3.507	786.3	767.134	493.433	320.211	0.52	0.453	0.9	0.718	18.286	16.799	2.083	6.046	31.293	3.282	5.564
3.634	828.5	808.253	509.128	328.514	0.526	0.461	0.903	0.734	18.203	16.501	2.16	6.013	32.058	3.367	6.032
3.761	871.7	850.395	524.565	336.522	0.532	0.468	0.906	0.75	18.113	16.221	2.237	5.991	32.686	3.449	6.494
3.888	915.9	893.589	539.627	344.789	0.533	0.471	0.909	0.759	18.014	15.926	2.315	5.975	33.398	3.534	6.998
4.015	961.2	937.787	555.646	352.662	0.535	0.474	0.912	0.768	17.91	15.658	2.394	5.98	33.898	3.615	7.474
4.142	1008	983.022	570.998	360.483	0.536	0.478	0.914	0.776	17.8	15.39	2.473	5.987	34.406	3.695	7.971
4.268	1055	1029.182	585.921	367.499	0.539	0.481	0.917	0.783	17.687	15.161	2.552	5.995	34.699	3.767	8.428
4.395	1103	1076.219	600.328	374.057	0.541	0.485	0.919	0.789	17.572	14.954	2.631	6.006	34.87	3.834	8.864
4.522	1152	1124.065	614.487	380.219	0.544	0.489	0.921	0.795	17.457	14.763	2.711	6.015	34.972	3.897	9.289
4.649	1202	1172.649	628.306	385.895	0.547	0.493	0.923	0.801	17.341	14.596	2.79	6.025	34.969	3.955	9.689
4.776	1252	1221.935	641.874	391.239	0.55	0.497	0.925	0.806	17.228	14.444	2.87	6.037	34.897	4.01	10.072
4.903	1304	1271.885	655.401	396.367	0.553	0.501	0.927	0.81	17.115	14.3	2.949	6.05	34.812	4.063	10.453
5.029	1356	1322.479	668.898	401.348	0.555	0.505	0.929	0.814	17.005	14.163	3.028	6.064	34.718	4.114	10.835
5.156	1408	1373.652	681.926	405.33	0.561	0.51	0.93	0.82	16.897	14.069	3.106	6.078	34.416	4.155	11.139
5.283	1461	1425.268	694.605	408.479	0.567	0.517	0.932	0.825	16.794	14.011	3.185	6.087	33.98	4.187	11.386
5.41	1514	1477.239	706.93	410.838	0.572	0.523	0.934	0.829	16.695	13.984	3.263	6.089	33.448	4.211	11.584





Trimado: 0.6 m

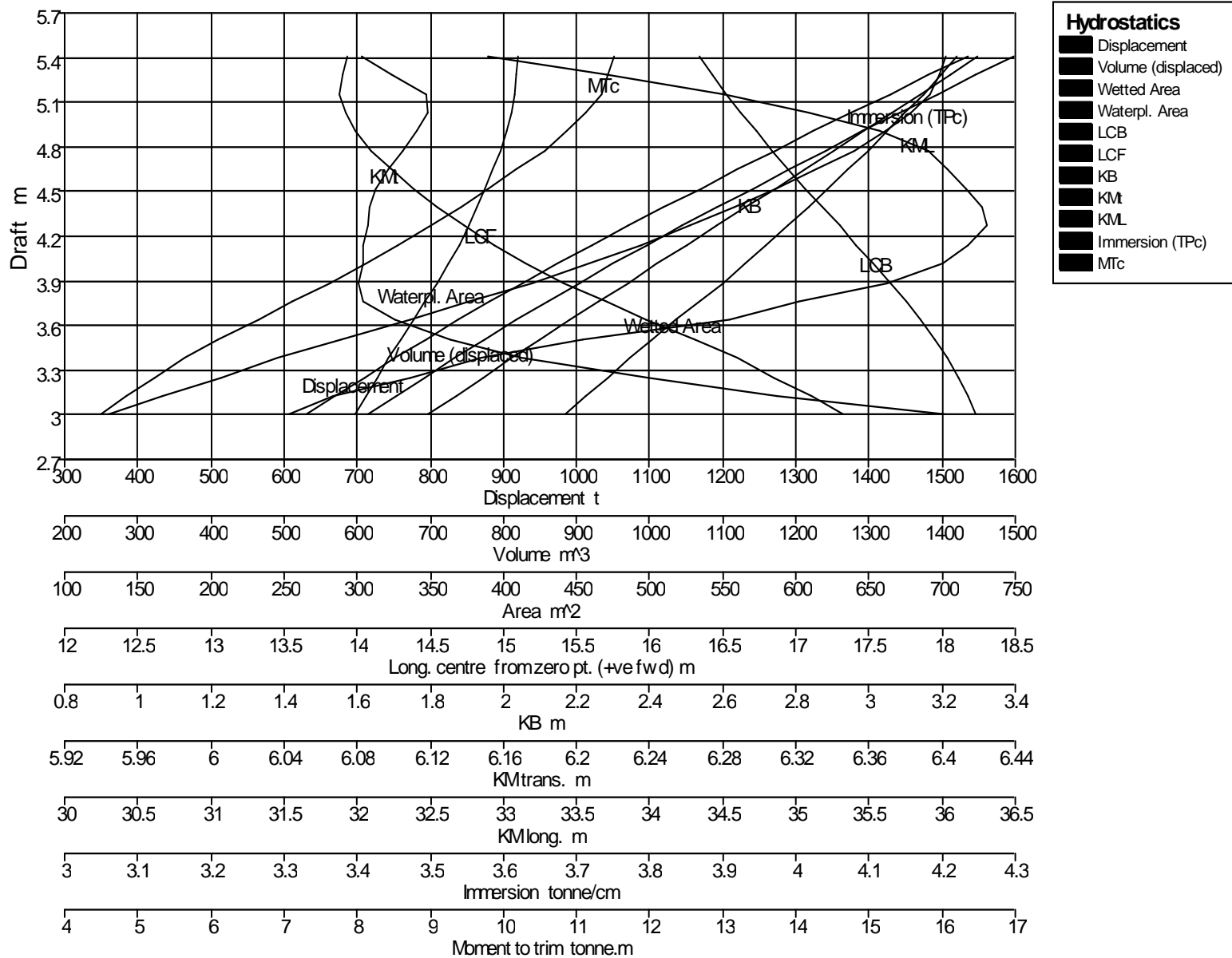
T(m)	DISw(t)	Vol(m ³)	SMO(m ²)	AFL(m ²)	Cp	C _B	C _m	C _f	XCC(m)	XCF(m)	ZCC(m)	KMt(m)	KML(m)	TPc	MTc
3	628.7	613.341	439.064	295.823	0.494	0.411	0.884	0.67	18.392	17.501	1.786	6.374	30.802	3.032	4.366
3.127	667.6	651.287	452.979	302.241	0.5	0.419	0.888	0.683	18.334	17.31	1.862	6.273	30.924	3.098	4.657
3.254	707.3	690.071	467.677	309.486	0.507	0.428	0.892	0.697	18.27	17.077	1.937	6.198	31.325	3.172	5.011
3.381	748	729.787	482.582	316.965	0.513	0.436	0.896	0.712	18.199	16.825	2.014	6.135	31.826	3.249	5.4
3.507	789.7	770.456	498.076	325.096	0.52	0.444	0.9	0.728	18.12	16.538	2.091	6.084	32.543	3.332	5.853
3.634	832.5	812.182	513.004	332.721	0.526	0.452	0.903	0.743	18.032	16.283	2.169	6.058	32.973	3.41	6.266
3.761	876.3	854.971	528.902	341.781	0.529	0.456	0.906	0.756	17.936	15.948	2.248	6.032	33.951	3.503	6.826
3.888	921.2	898.778	544.903	349.749	0.53	0.46	0.909	0.764	17.833	15.678	2.327	6.028	34.457	3.585	7.301
4.015	967.2	943.654	560.401	357.814	0.532	0.463	0.912	0.772	17.724	15.4	2.406	6.03	35	3.668	7.806
4.142	1014	989.501	575.528	365.113	0.535	0.467	0.914	0.78	17.611	15.158	2.486	6.035	35.329	3.742	8.274
4.268	1062	1036.246	590.065	371.819	0.537	0.472	0.917	0.787	17.495	14.944	2.566	6.041	35.503	3.811	8.714
4.395	1111	1083.817	604.367	378.206	0.54	0.476	0.919	0.793	17.379	14.744	2.646	6.048	35.616	3.877	9.147
4.522	1160	1132.148	618.235	383.944	0.543	0.48	0.921	0.798	17.262	14.571	2.727	6.052	35.595	3.935	9.548
4.649	1211	1181.189	631.853	389.38	0.546	0.484	0.923	0.803	17.147	14.416	2.806	6.061	35.505	3.991	9.932
4.776	1262	1230.908	645.426	394.612	0.549	0.489	0.925	0.808	17.034	14.267	2.886	6.07	35.405	4.045	10.315
4.903	1313	1281.28	658.969	399.697	0.552	0.493	0.927	0.812	16.922	14.126	2.966	6.082	35.293	4.097	10.697
5.029	1366	1332.248	672.039	403.785	0.558	0.499	0.929	0.818	16.813	14.028	3.045	6.093	34.975	4.139	11.005
5.156	1418	1383.672	684.751	407.028	0.564	0.506	0.93	0.824	16.709	13.964	3.124	6.101	34.514	4.172	11.254
5.283	1471	1435.462	697.13	409.515	0.57	0.512	0.932	0.828	16.609	13.931	3.202	6.101	33.964	4.198	11.457
5.41	1525	1487.474	708.731	410.548	0.575	0.519	0.934	0.829	16.516	13.958	3.28	6.086	33.181	4.208	11.551





Trimado: 0.8 m

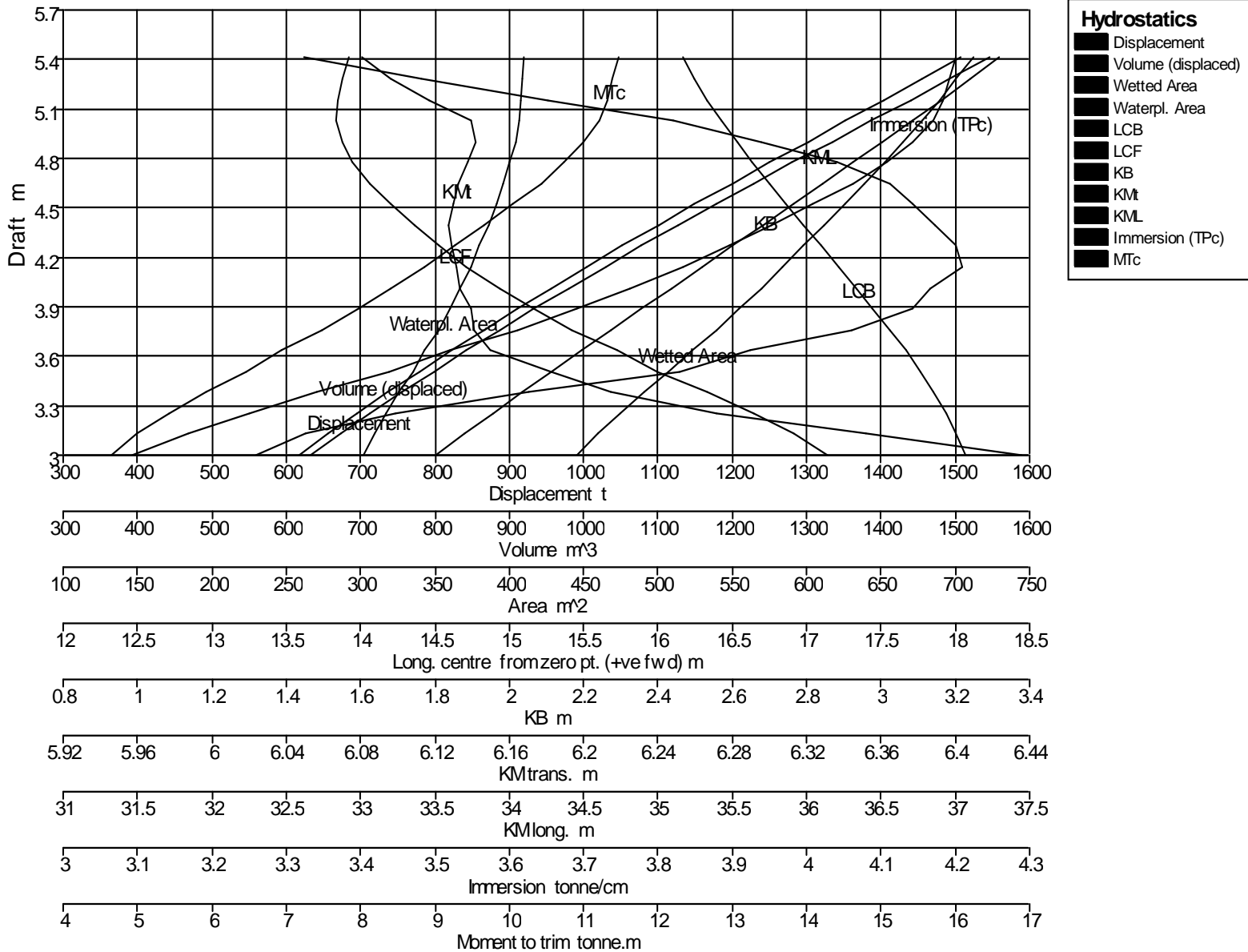
T(m)	DISw(t)	Vol(m ³)	SMO(m ²)	AFL(m ²)	Cp	C _B	Cm	C _F	XCC(m)	XCF(m)	ZCC(m)	KMt(m)	KML(m)	TPc	MTc
3	630.6	615.251	442.092	298.675	0.493	0.401	0.884	0.677	18.232	17.323	1.793	6.401	31.53	3.061	4.503
3.127	669.9	653.55	456.553	305.801	0.5	0.409	0.889	0.691	18.173	17.105	1.869	6.31	31.838	3.134	4.838
3.254	710.1	692.789	471.66	313.549	0.507	0.418	0.893	0.706	18.106	16.849	1.946	6.239	32.362	3.214	5.228
3.381	751.3	733.006	486.492	321.085	0.513	0.427	0.897	0.721	18.031	16.6	2.023	6.17	32.854	3.291	5.631
3.507	793.6	774.292	502.108	329.467	0.52	0.435	0.9	0.738	17.946	16.309	2.101	6.131	33.545	3.377	6.095
3.634	837.1	816.657	518.172	338.727	0.524	0.441	0.903	0.752	17.852	15.972	2.18	6.101	34.541	3.472	6.652
3.761	881.6	860.068	534.02	346.645	0.526	0.445	0.907	0.76	17.751	15.702	2.26	6.083	35.023	3.553	7.12
3.888	927.2	904.57	549.788	355.04	0.528	0.449	0.909	0.769	17.643	15.413	2.34	6.08	35.629	3.639	7.638
4.015	973.8	950.083	565.165	362.718	0.53	0.453	0.912	0.777	17.53	15.157	2.421	6.084	36.009	3.718	8.122
4.142	1021	996.529	579.773	369.528	0.533	0.458	0.915	0.784	17.414	14.937	2.502	6.083	36.176	3.788	8.564
4.268	1070	1043.823	594.239	376.135	0.536	0.462	0.917	0.791	17.297	14.728	2.582	6.086	36.304	3.855	9.006
4.395	1119	1091.903	608.193	382.026	0.539	0.467	0.919	0.796	17.18	14.549	2.663	6.087	36.273	3.916	9.411
4.522	1169	1140.7	621.859	387.52	0.543	0.472	0.921	0.801	17.064	14.388	2.744	6.091	36.16	3.972	9.796
4.649	1220	1190.186	635.477	392.864	0.546	0.476	0.924	0.806	16.95	14.236	2.824	6.097	36.04	4.027	10.18
4.776	1271	1240.334	649.058	398.022	0.549	0.481	0.925	0.811	16.837	14.091	2.905	6.105	35.906	4.08	10.563
4.903	1323	1291.094	662.172	402.232	0.554	0.487	0.927	0.817	16.727	13.988	2.984	6.113	35.57	4.123	10.875
5.029	1376	1342.323	674.926	405.592	0.561	0.494	0.929	0.822	16.621	13.92	3.064	6.119	35.086	4.157	11.126
5.156	1429	1393.936	687.361	408.22	0.567	0.501	0.931	0.827	16.52	13.88	3.143	6.118	34.518	4.184	11.335
5.283	1482	1445.786	698.976	409.314	0.573	0.508	0.932	0.828	16.426	13.903	3.221	6.099	33.702	4.195	11.43
5.41	1535	1497.745	710.492	410.147	0.578	0.514	0.934	0.829	16.339	13.938	3.298	6.083	32.896	4.204	11.508





Trimado: 1 m

T(m)	DISw(t)	Vol(m ³)	SMO(m ²)	AFL(m ²)	Cp	C _B	Cm	C _F	XCC(m)	XCF(m)	ZCC(m)	KMt(m)	KML(m)	TPc	MTc
3	632.9	617.439	445.285	301.709	0.493	0.391	0.885	0.683	18.068	17.139	1.801	6.436	32.297	3.093	4.649
3.127	672.6	656.183	459.807	309.142	0.5	0.401	0.889	0.698	18.006	16.912	1.878	6.352	32.633	3.169	5.001
3.254	713.3	695.933	475.03	317.104	0.507	0.409	0.893	0.714	17.935	16.646	1.956	6.272	33.232	3.25	5.418
3.381	755.2	736.743	491.146	326.043	0.514	0.418	0.897	0.732	17.854	16.334	2.034	6.214	34.134	3.342	5.919
3.507	798.1	778.655	507.394	335.531	0.519	0.426	0.901	0.749	17.764	15.996	2.114	6.182	35.145	3.439	6.472
3.634	842.2	821.663	523.108	343.47	0.521	0.43	0.904	0.756	17.665	15.729	2.194	6.15	35.618	3.521	6.936
3.761	887.4	865.777	539.175	352.226	0.523	0.434	0.907	0.766	17.558	15.425	2.275	6.141	36.302	3.61	7.471
3.888	933.7	910.938	554.723	360.184	0.526	0.439	0.91	0.774	17.446	15.159	2.356	6.14	36.715	3.692	7.964
4.015	981	957.076	569.287	367.009	0.529	0.444	0.913	0.781	17.33	14.942	2.438	6.133	36.833	3.762	8.397
4.142	1029	1004.081	584.122	374.026	0.532	0.449	0.915	0.788	17.213	14.714	2.519	6.131	37.042	3.834	8.866
4.268	1078	1051.902	598.18	380.119	0.535	0.454	0.917	0.794	17.095	14.527	2.601	6.129	37.007	3.896	9.278
4.395	1128	1100.461	611.872	385.67	0.539	0.459	0.92	0.799	16.978	14.364	2.682	6.127	36.864	3.953	9.662
4.522	1178	1149.714	625.535	391.114	0.542	0.464	0.922	0.804	16.862	14.206	2.763	6.13	36.717	4.009	10.046
4.649	1230	1199.639	639.16	396.331	0.546	0.469	0.924	0.809	16.749	14.058	2.844	6.133	36.56	4.062	10.43
4.776	1281	1250.19	652.332	400.687	0.551	0.475	0.926	0.815	16.637	13.949	2.924	6.138	36.207	4.107	10.747
4.903	1334	1301.222	665.124	404.153	0.558	0.483	0.928	0.821	16.53	13.877	3.004	6.142	35.694	4.143	11
5.029	1386	1352.653	677.619	406.928	0.564	0.49	0.929	0.826	16.429	13.832	3.084	6.139	35.105	4.171	11.214
5.156	1439	1404.343	689.263	408.126	0.57	0.497	0.931	0.827	16.333	13.849	3.163	6.117	34.263	4.183	11.316
5.283	1493	1456.145	700.755	408.941	0.576	0.504	0.933	0.828	16.245	13.883	3.24	6.096	33.41	4.192	11.39
5.41	1546	1508.05	712.261	409.758	0.581	0.51	0.934	0.829	16.165	13.917	3.317	6.08	32.617	4.2	11.466

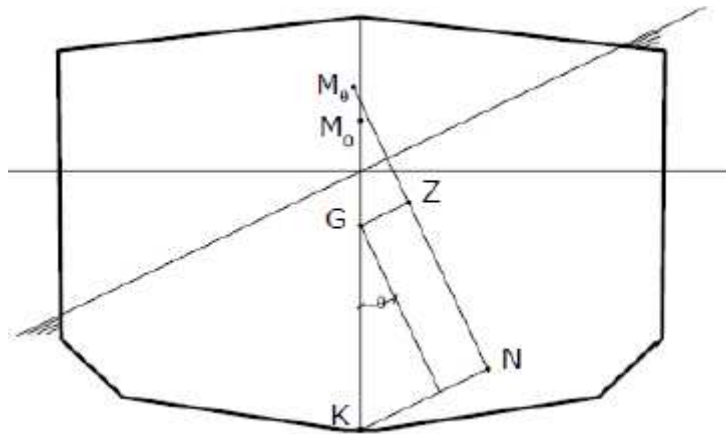




3. Carenas Inclinadas. Curvas KN

Denominadas curvas KN son parámetros indicativos de la estabilidad a grandes ángulos, representan la distancia desde K (la intersección del plano de crujía con la línea de base) hasta N (la intersección de la paralela a la flotación por K con la perpendicular a la flotación por el centro de carena) en la sección maestra.

Observando la figura existe otra distancia GZ y se llama el brazo adrizante de estabilidad, es depende de la posición del centro de gravedad G.

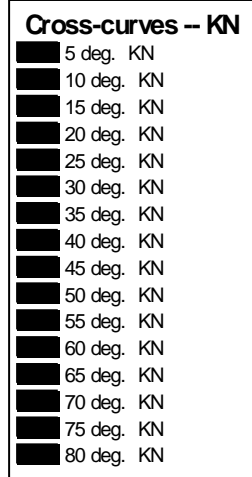
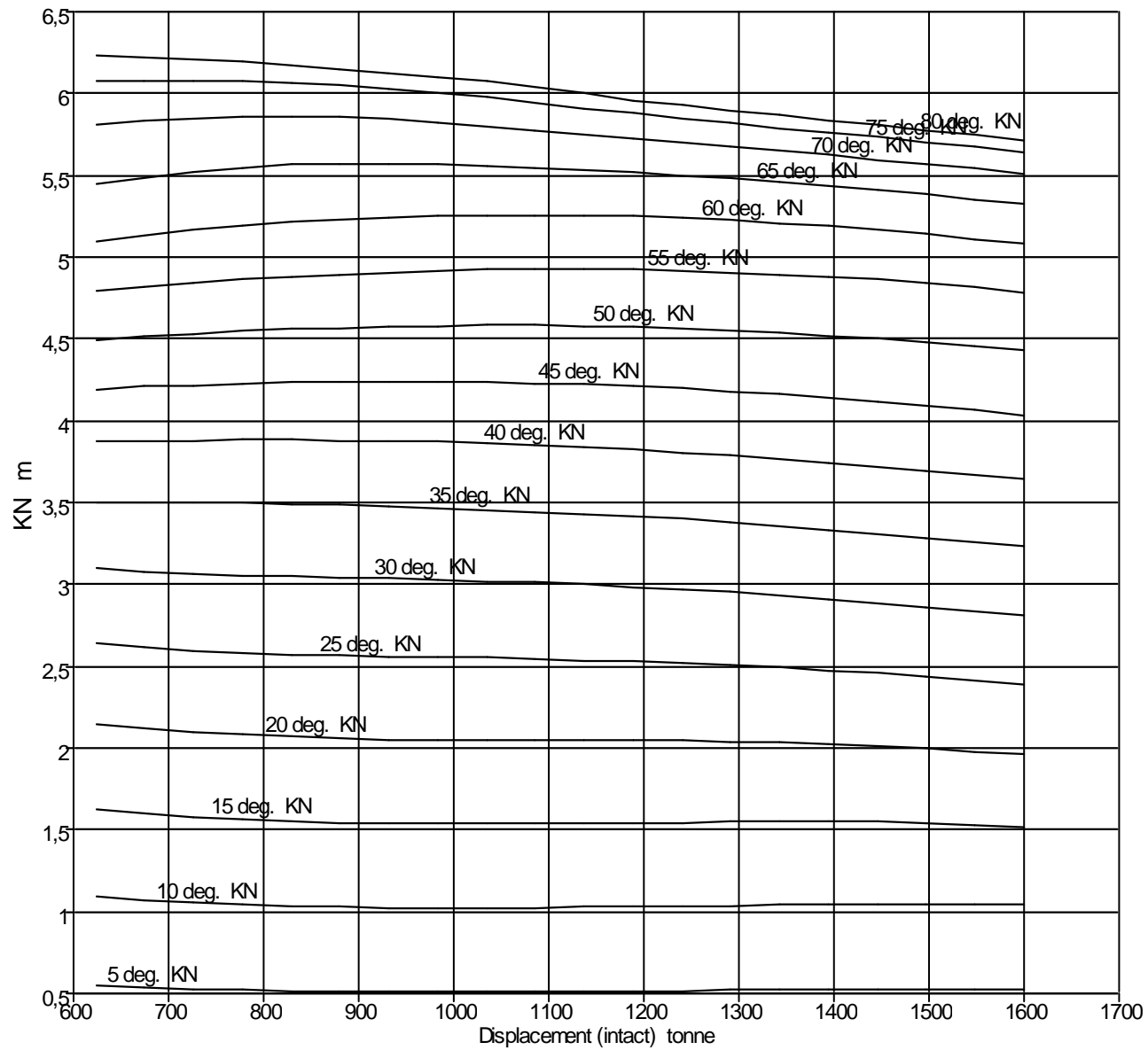


Se harán los cálculos de KN en función de una gama de desplazamiento (623 -1600 t) con diferentes trimados variables, considerando incrementos de 5° para ángulos de escora de 5° a 80° , así obtenemos las tablas y las curvas de KN.



Trimado: - 0.2 m

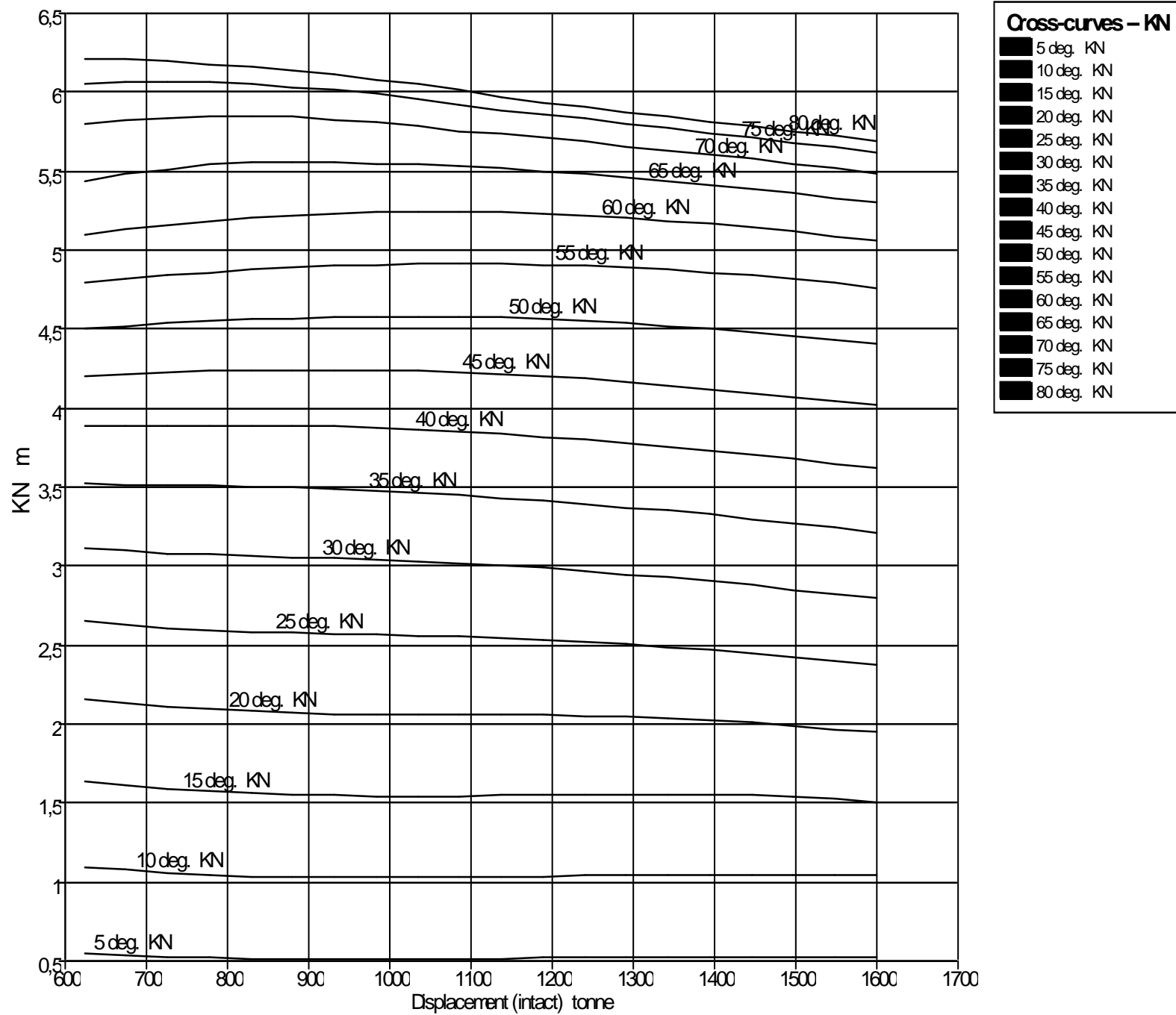
DISW(t)	5 °	10 °	15 °	20 °	25 °	30 °	35 °	40 °	45 °	50 °	55 °	60 °	65 °	70 °	75 °	80 °
623,4	0,546	1,091	1,631	2,148	2,64	3,098	3,506	3,869	4,195	4,497	4,791	5,095	5,443	5,813	6,075	6,237
674,8	0,534	1,07	1,604	2,121	2,615	3,082	3,503	3,875	4,208	4,516	4,818	5,134	5,486	5,836	6,082	6,227
726,2	0,526	1,053	1,581	2,1	2,596	3,069	3,5	3,88	4,218	4,533	4,842	5,167	5,522	5,851	6,082	6,213
777,6	0,52	1,041	1,564	2,083	2,582	3,058	3,497	3,882	4,227	4,547	4,861	5,193	5,548	5,858	6,077	6,197
829	0,515	1,032	1,552	2,07	2,571	3,05	3,492	3,883	4,234	4,56	4,879	5,213	5,565	5,859	6,066	6,177
880,4	0,512	1,027	1,543	2,06	2,564	3,044	3,485	3,881	4,238	4,57	4,894	5,23	5,573	5,854	6,051	6,155
931,8	0,511	1,024	1,538	2,053	2,559	3,037	3,477	3,877	4,24	4,577	4,907	5,243	5,571	5,843	6,032	6,129
983,2	0,511	1,023	1,536	2,049	2,556	3,029	3,468	3,871	4,239	4,582	4,916	5,254	5,566	5,824	6,01	6,102
1035	0,512	1,023	1,535	2,047	2,551	3,021	3,457	3,863	4,236	4,585	4,922	5,259	5,557	5,799	5,983	6,073
1086	0,513	1,025	1,537	2,047	2,546	3,011	3,445	3,853	4,231	4,584	4,926	5,26	5,546	5,775	5,946	6,042
1137	0,514	1,028	1,539	2,048	2,538	2,999	3,431	3,84	4,222	4,581	4,926	5,257	5,533	5,751	5,911	6,002
1189	0,516	1,031	1,542	2,048	2,529	2,986	3,416	3,824	4,211	4,574	4,923	5,25	5,518	5,728	5,88	5,962
1240	0,518	1,034	1,545	2,046	2,518	2,97	3,398	3,806	4,196	4,565	4,918	5,239	5,501	5,704	5,851	5,929
1292	0,52	1,037	1,549	2,041	2,505	2,952	3,379	3,787	4,179	4,553	4,909	5,225	5,481	5,679	5,822	5,897
1343	0,521	1,04	1,552	2,034	2,491	2,932	3,358	3,765	4,16	4,538	4,897	5,208	5,459	5,653	5,792	5,867
1394	0,523	1,043	1,551	2,024	2,474	2,91	3,335	3,743	4,138	4,52	4,881	5,188	5,435	5,626	5,763	5,837
1446	0,525	1,046	1,547	2,011	2,455	2,887	3,31	3,718	4,115	4,5	4,861	5,166	5,41	5,599	5,734	5,807
1497	0,526	1,048	1,539	1,996	2,435	2,863	3,285	3,693	4,09	4,479	4,839	5,141	5,383	5,57	5,704	5,777
1549	0,527	1,048	1,528	1,978	2,413	2,838	3,257	3,667	4,064	4,455	4,815	5,114	5,356	5,541	5,674	5,748
1600	0,528	1,043	1,513	1,958	2,39	2,812	3,229	3,639	4,038	4,43	4,788	5,086	5,326	5,511	5,644	5,719





Trimado: 0.0 m

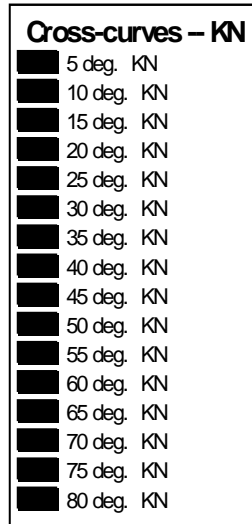
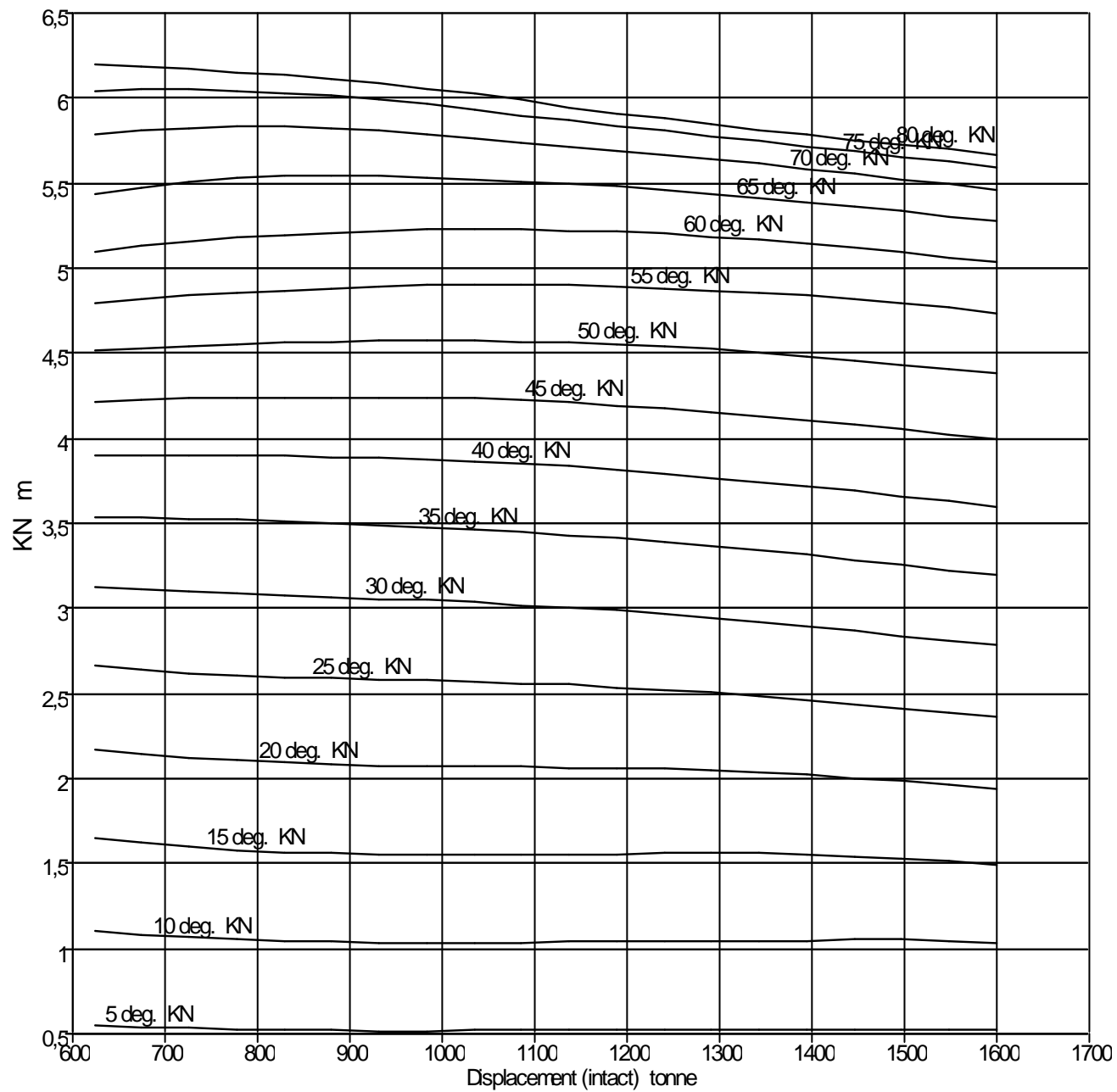
DISW(t)	5 °	10 °	15 °	20 °	25 °	30 °	35 °	40 °	45 °	50 °	55 °	60 °	65 °	70 °	75 °	80 °
623,4	0,548	1,097	1,639	2,158	2,653	3,112	3,52	3,882	4,206	4,504	4,796	5,095	5,438	5,801	6,058	6,215
674,8	0,537	1,075	1,612	2,131	2,628	3,096	3,517	3,887	4,217	4,521	4,82	5,133	5,479	5,825	6,065	6,206
726,2	0,529	1,059	1,59	2,11	2,608	3,082	3,513	3,89	4,226	4,536	4,841	5,163	5,514	5,839	6,065	6,193
777,6	0,523	1,047	1,573	2,094	2,594	3,071	3,508	3,891	4,233	4,549	4,859	5,187	5,539	5,846	6,059	6,176
829	0,518	1,038	1,56	2,081	2,583	3,063	3,502	3,89	4,238	4,56	4,875	5,205	5,555	5,846	6,048	6,156
880,4	0,516	1,033	1,552	2,071	2,576	3,055	3,494	3,887	4,24	4,569	4,889	5,22	5,559	5,841	6,033	6,133
931,8	0,514	1,03	1,547	2,064	2,571	3,047	3,485	3,882	4,241	4,575	4,9	5,232	5,556	5,829	6,013	6,107
983,2	0,514	1,029	1,545	2,059	2,567	3,038	3,474	3,874	4,239	4,578	4,907	5,24	5,55	5,806	5,99	6,079
1035	0,515	1,03	1,544	2,057	2,561	3,028	3,461	3,865	4,234	4,579	4,912	5,244	5,541	5,78	5,96	6,05
1086	0,516	1,031	1,545	2,056	2,554	3,016	3,447	3,852	4,227	4,576	4,914	5,244	5,529	5,756	5,922	6,016
1137	0,518	1,034	1,547	2,057	2,544	3,003	3,431	3,837	4,216	4,571	4,912	5,24	5,515	5,732	5,888	5,973
1189	0,519	1,036	1,549	2,055	2,533	2,987	3,414	3,819	4,203	4,563	4,908	5,232	5,5	5,709	5,858	5,936
1240	0,521	1,039	1,552	2,051	2,52	2,969	3,394	3,8	4,187	4,552	4,901	5,221	5,481	5,684	5,829	5,903
1292	0,522	1,041	1,555	2,044	2,505	2,949	3,373	3,778	4,168	4,538	4,891	5,205	5,461	5,659	5,8	5,872
1343	0,524	1,044	1,556	2,034	2,488	2,927	3,35	3,755	4,146	4,521	4,877	5,187	5,438	5,632	5,77	5,842
1394	0,525	1,046	1,553	2,022	2,469	2,903	3,325	3,73	4,123	4,502	4,86	5,166	5,414	5,605	5,74	5,811
1446	0,526	1,048	1,547	2,007	2,448	2,878	3,299	3,704	4,097	4,481	4,839	5,143	5,387	5,577	5,71	5,781
1497	0,528	1,05	1,536	1,99	2,426	2,852	3,271	3,677	4,071	4,457	4,816	5,117	5,36	5,548	5,68	5,751
1549	0,528	1,048	1,522	1,97	2,402	2,824	3,242	3,649	4,044	4,433	4,791	5,09	5,332	5,517	5,65	5,722
1600	0,529	1,041	1,505	1,947	2,376	2,797	3,212	3,62	4,016	4,406	4,763	5,061	5,302	5,487	5,62	5,694





Trimado: 0.2 m

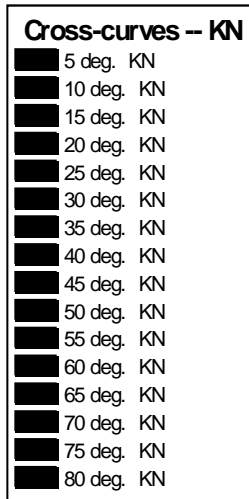
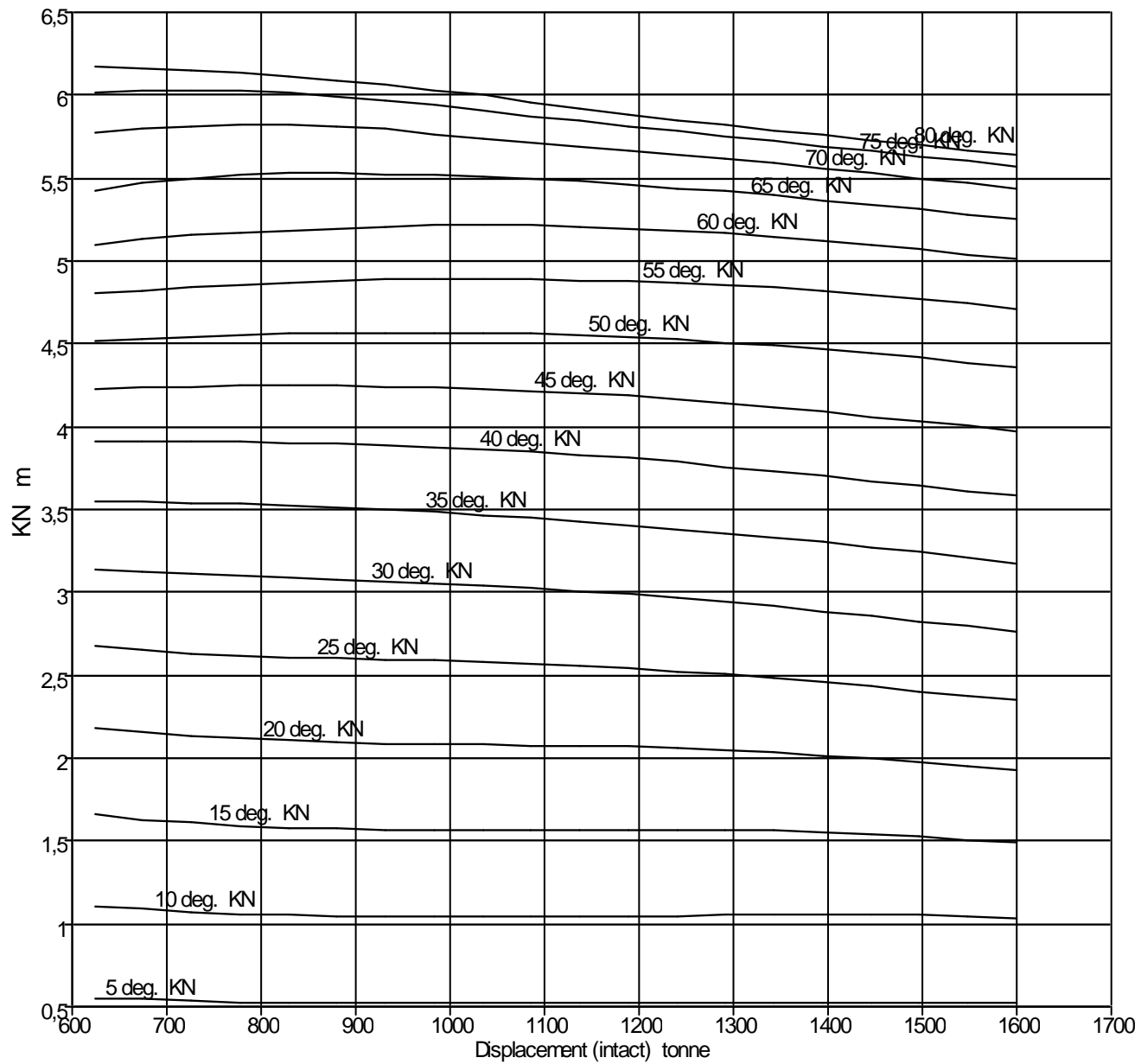
DISW(t)	5 °	10 °	15 °	20 °	25 °	30 °	35 °	40 °	45 °	50 °	55 °	60 °	65 °	70 °	75 °	80 °
623,4	0,551	1,102	1,647	2,169	2,666	3,127	3,534	3,895	4,216	4,511	4,8	5,096	5,432	5,788	6,04	6,194
674,8	0,54	1,081	1,62	2,142	2,641	3,11	3,531	3,899	4,225	4,527	4,822	5,131	5,473	5,813	6,047	6,184
726,2	0,532	1,065	1,599	2,121	2,622	3,096	3,526	3,9	4,233	4,54	4,841	5,159	5,506	5,827	6,047	6,171
777,6	0,526	1,053	1,582	2,105	2,607	3,085	3,52	3,9	4,238	4,552	4,857	5,18	5,53	5,833	6,041	6,154
829	0,521	1,044	1,57	2,092	2,596	3,075	3,513	3,897	4,242	4,561	4,871	5,196	5,543	5,833	6,03	6,134
880,4	0,519	1,039	1,561	2,083	2,588	3,066	3,503	3,893	4,243	4,568	4,883	5,209	5,545	5,826	6,014	6,11
931,8	0,518	1,037	1,556	2,075	2,583	3,057	3,492	3,886	4,242	4,572	4,892	5,22	5,541	5,812	5,993	6,084
983,2	0,518	1,036	1,554	2,07	2,578	3,046	3,479	3,877	4,238	4,574	4,898	5,227	5,534	5,787	5,97	6,055
1035	0,519	1,036	1,553	2,068	2,571	3,035	3,465	3,866	4,232	4,573	4,901	5,23	5,524	5,762	5,936	6,025
1086	0,52	1,038	1,554	2,067	2,562	3,021	3,449	3,851	4,223	4,569	4,902	5,229	5,511	5,737	5,898	5,987
1137	0,521	1,04	1,555	2,065	2,55	3,006	3,431	3,834	4,21	4,561	4,899	5,223	5,497	5,713	5,865	5,945
1189	0,522	1,042	1,557	2,062	2,537	2,988	3,412	3,814	4,195	4,551	4,893	5,214	5,481	5,689	5,836	5,909
1240	0,523	1,044	1,559	2,055	2,522	2,968	3,39	3,792	4,177	4,538	4,884	5,201	5,461	5,664	5,806	5,878
1292	0,525	1,046	1,561	2,046	2,504	2,945	3,366	3,769	4,156	4,522	4,873	5,185	5,44	5,638	5,776	5,846
1343	0,526	1,048	1,56	2,034	2,485	2,921	3,341	3,743	4,132	4,504	4,857	5,166	5,417	5,611	5,747	5,816
1394	0,527	1,05	1,554	2,02	2,464	2,895	3,314	3,717	4,107	4,483	4,839	5,144	5,391	5,583	5,717	5,785
1446	0,528	1,051	1,545	2,002	2,44	2,868	3,286	3,689	4,08	4,46	4,817	5,12	5,364	5,554	5,686	5,755
1497	0,529	1,051	1,532	1,982	2,416	2,84	3,257	3,66	4,052	4,436	4,793	5,094	5,337	5,524	5,656	5,725
1549	0,529	1,047	1,516	1,96	2,39	2,81	3,226	3,631	4,023	4,41	4,766	5,065	5,308	5,494	5,625	5,696
1600	0,529	1,037	1,496	1,935	2,363	2,781	3,195	3,601	3,995	4,382	4,738	5,037	5,277	5,464	5,595	5,667





Trimado: 0.4 m

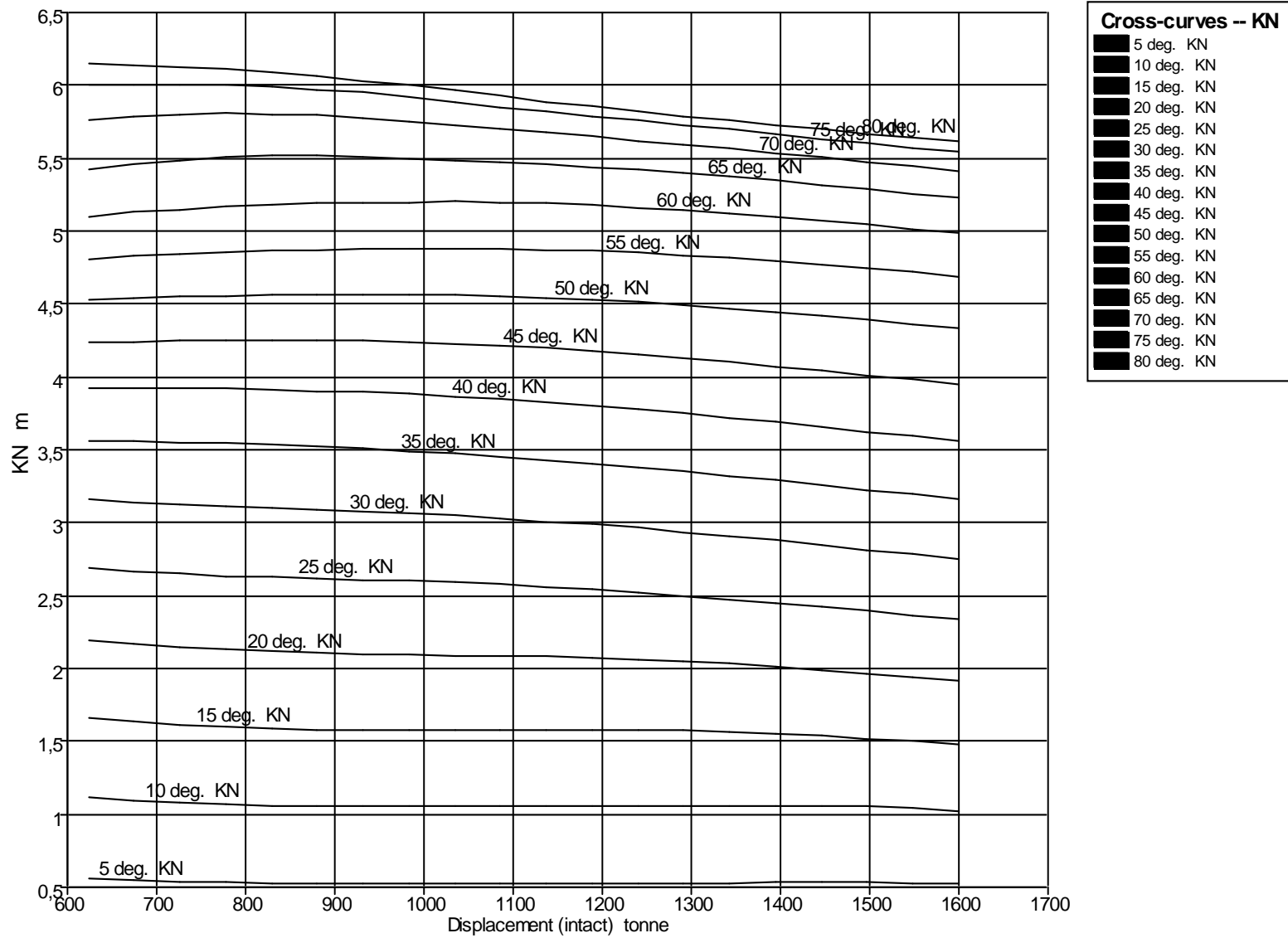
DISW(t)	5 °	10 °	15 °	20 °	25 °	30 °	35 °	40 °	45 °	50 °	55 °	60 °	65 °	70 °	75 °	80 °
623,4	0,554	1,108	1,656	2,181	2,68	3,142	3,55	3,909	4,227	4,519	4,804	5,097	5,427	5,775	6,021	6,171
674,8	0,543	1,087	1,629	2,154	2,655	3,125	3,545	3,911	4,234	4,532	4,824	5,129	5,466	5,8	6,028	6,162
726,2	0,535	1,071	1,608	2,133	2,635	3,111	3,54	3,911	4,24	4,544	4,841	5,155	5,498	5,814	6,029	6,149
777,6	0,529	1,059	1,592	2,117	2,62	3,099	3,532	3,909	4,244	4,554	4,855	5,173	5,52	5,82	6,022	6,132
829	0,525	1,051	1,58	2,104	2,609	3,089	3,523	3,905	4,246	4,562	4,868	5,187	5,531	5,818	6,01	6,11
880,4	0,523	1,047	1,572	2,095	2,601	3,078	3,513	3,899	4,246	4,567	4,878	5,199	5,53	5,811	5,994	6,086
931,8	0,522	1,044	1,567	2,087	2,596	3,067	3,5	3,891	4,243	4,57	4,885	5,207	5,525	5,793	5,973	6,059
983,2	0,522	1,043	1,564	2,082	2,589	3,055	3,485	3,88	4,238	4,569	4,889	5,213	5,517	5,767	5,947	6,03
1035	0,522	1,043	1,562	2,079	2,581	3,041	3,469	3,867	4,23	4,566	4,891	5,215	5,506	5,742	5,91	5,998
1086	0,523	1,044	1,562	2,077	2,57	3,026	3,451	3,85	4,218	4,56	4,889	5,213	5,493	5,717	5,873	5,957
1137	0,524	1,046	1,563	2,074	2,556	3,008	3,431	3,831	4,204	4,551	4,885	5,206	5,479	5,694	5,842	5,916
1189	0,525	1,047	1,564	2,068	2,54	2,988	3,409	3,809	4,186	4,539	4,877	5,196	5,461	5,669	5,812	5,883
1240	0,526	1,049	1,566	2,059	2,523	2,966	3,385	3,785	4,166	4,524	4,867	5,182	5,441	5,644	5,782	5,851
1292	0,527	1,05	1,566	2,048	2,503	2,941	3,359	3,759	4,143	4,507	4,854	5,165	5,419	5,617	5,752	5,819
1343	0,528	1,052	1,562	2,033	2,481	2,915	3,332	3,732	4,118	4,487	4,837	5,144	5,395	5,589	5,722	5,789
1394	0,529	1,053	1,555	2,016	2,457	2,887	3,303	3,703	4,091	4,464	4,817	5,122	5,369	5,56	5,692	5,758
1446	0,529	1,054	1,543	1,996	2,432	2,857	3,273	3,673	4,062	4,44	4,794	5,096	5,341	5,531	5,661	5,728
1497	0,53	1,052	1,527	1,974	2,405	2,827	3,242	3,643	4,032	4,414	4,769	5,069	5,313	5,501	5,63	5,698
1549	0,53	1,044	1,508	1,949	2,377	2,796	3,21	3,612	4,003	4,386	4,742	5,041	5,283	5,47	5,6	5,669
1600	0,53	1,031	1,486	1,923	2,348	2,765	3,177	3,581	3,973	4,358	4,713	5,011	5,252	5,439	5,57	5,64





Trimado: 0.6 m

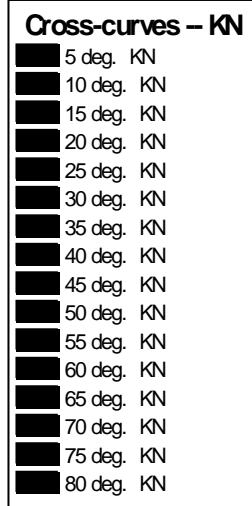
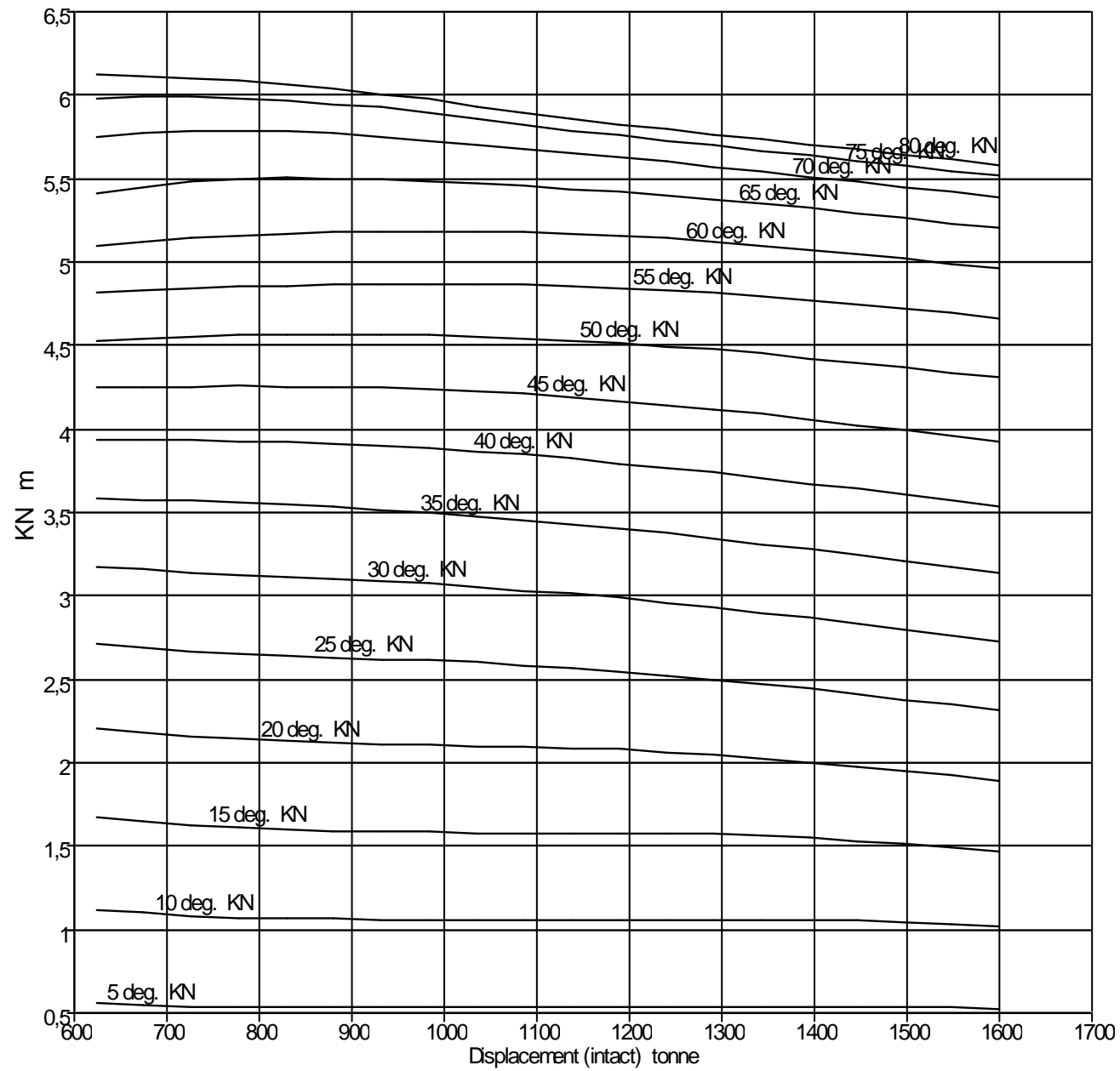
DISW(t)	5 °	10 °	15 °	20 °	25 °	30 °	35 °	40 °	45 °	50 °	55 °	60 °	65 °	70 °	75 °	80 °
623,4	0,557	1,114	1,665	2,193	2,695	3,158	3,565	3,922	4,237	4,526	4,809	5,098	5,422	5,762	6,002	6,149
674,8	0,546	1,094	1,639	2,166	2,669	3,141	3,56	3,923	4,243	4,538	4,826	5,128	5,459	5,786	6,009	6,14
726,2	0,538	1,078	1,618	2,146	2,649	3,126	3,553	3,922	4,248	4,548	4,841	5,15	5,49	5,8	6,009	6,126
777,6	0,532	1,067	1,602	2,13	2,634	3,114	3,545	3,918	4,25	4,556	4,853	5,166	5,51	5,806	6,002	6,108
829	0,529	1,059	1,59	2,117	2,623	3,102	3,534	3,913	4,251	4,562	4,864	5,178	5,518	5,803	5,99	6,086
880,4	0,527	1,054	1,582	2,107	2,615	3,09	3,522	3,905	4,249	4,566	4,872	5,188	5,515	5,794	5,972	6,061
931,8	0,526	1,052	1,577	2,1	2,609	3,077	3,507	3,895	4,244	4,567	4,878	5,195	5,509	5,773	5,95	6,033
983,2	0,526	1,051	1,574	2,094	2,6	3,063	3,491	3,883	4,237	4,565	4,88	5,199	5,5	5,746	5,921	6,003
1035	0,526	1,051	1,572	2,09	2,59	3,047	3,472	3,867	4,227	4,56	4,88	5,2	5,489	5,721	5,882	5,968
1086	0,527	1,051	1,572	2,087	2,577	3,03	3,452	3,849	4,214	4,552	4,877	5,196	5,475	5,697	5,847	5,926
1137	0,528	1,052	1,572	2,082	2,561	3,01	3,43	3,827	4,197	4,541	4,87	5,189	5,46	5,673	5,818	5,888
1189	0,528	1,053	1,572	2,074	2,543	2,987	3,405	3,803	4,178	4,527	4,861	5,177	5,441	5,648	5,788	5,855
1240	0,529	1,054	1,573	2,063	2,523	2,963	3,379	3,777	4,155	4,51	4,849	5,162	5,421	5,622	5,758	5,823
1292	0,53	1,055	1,571	2,048	2,501	2,936	3,352	3,749	4,131	4,491	4,835	5,144	5,397	5,594	5,727	5,791
1343	0,53	1,055	1,564	2,031	2,476	2,908	3,322	3,719	4,103	4,469	4,816	5,123	5,372	5,566	5,697	5,761
1394	0,531	1,056	1,554	2,012	2,45	2,877	3,291	3,689	4,074	4,445	4,795	5,099	5,346	5,536	5,666	5,73
1446	0,531	1,055	1,539	1,989	2,422	2,846	3,26	3,658	4,044	4,419	4,771	5,073	5,318	5,507	5,635	5,7
1497	0,53	1,05	1,521	1,965	2,393	2,813	3,227	3,626	4,013	4,392	4,745	5,045	5,289	5,476	5,604	5,67
1549	0,53	1,04	1,499	1,938	2,364	2,781	3,193	3,593	3,982	4,363	4,717	5,016	5,259	5,446	5,574	5,641
1600	0,53	1,024	1,475	1,909	2,333	2,748	3,159	3,561	3,951	4,334	4,687	4,986	5,228	5,415	5,544	5,613





Trimado: 0.8 m

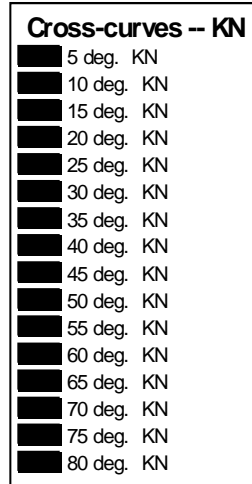
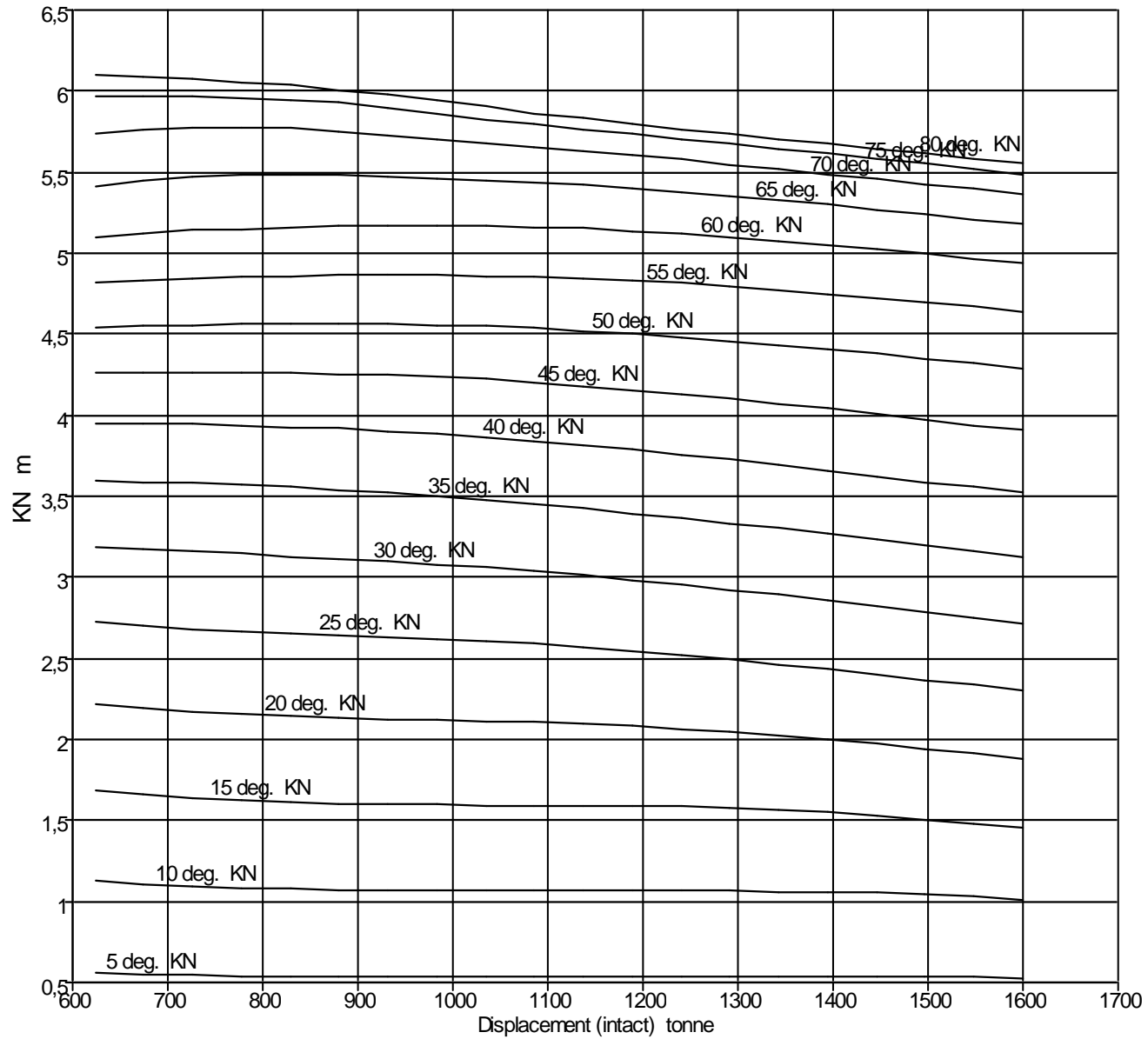
DISW(t)	5 °	10 °	15 °	20 °	25 °	30 °	35 °	40 °	45 °	50 °	55 °	60 °	65 °	70 °	75 °	80 °
623,4	0,561	1,121	1,675	2,206	2,71	3,174	3,582	3,936	4,248	4,534	4,813	5,099	5,417	5,748	5,982	6,125
674,8	0,55	1,101	1,65	2,18	2,684	3,157	3,575	3,935	4,253	4,544	4,827	5,126	5,452	5,772	5,99	6,116
726,2	0,542	1,085	1,629	2,159	2,664	3,142	3,567	3,932	4,255	4,552	4,841	5,145	5,481	5,786	5,989	6,102
777,6	0,536	1,075	1,613	2,143	2,649	3,129	3,557	3,928	4,256	4,559	4,852	5,158	5,499	5,79	5,981	6,084
829	0,533	1,067	1,602	2,131	2,638	3,116	3,545	3,921	4,255	4,563	4,861	5,169	5,504	5,787	5,968	6,061
880,4	0,531	1,063	1,594	2,121	2,629	3,102	3,531	3,911	4,252	4,565	4,867	5,177	5,5	5,776	5,95	6,035
931,8	0,53	1,06	1,588	2,113	2,622	3,087	3,515	3,9	4,245	4,564	4,87	5,182	5,493	5,751	5,927	6,006
983,2	0,53	1,059	1,584	2,107	2,612	3,071	3,496	3,885	4,236	4,56	4,871	5,185	5,483	5,725	5,893	5,976
1035	0,53	1,058	1,582	2,102	2,599	3,053	3,475	3,868	4,224	4,553	4,869	5,184	5,471	5,7	5,854	5,937
1086	0,531	1,058	1,581	2,097	2,584	3,033	3,452	3,847	4,209	4,544	4,864	5,18	5,457	5,676	5,822	5,895
1137	0,531	1,059	1,58	2,09	2,566	3,011	3,428	3,823	4,19	4,53	4,856	5,171	5,441	5,652	5,792	5,859
1189	0,531	1,059	1,58	2,079	2,545	2,986	3,402	3,796	4,168	4,515	4,845	5,158	5,421	5,626	5,762	5,826
1240	0,532	1,059	1,579	2,065	2,522	2,959	3,373	3,768	4,144	4,496	4,831	5,142	5,399	5,599	5,732	5,794
1292	0,532	1,059	1,574	2,048	2,497	2,93	3,343	3,738	4,117	4,475	4,815	5,123	5,376	5,572	5,701	5,763
1343	0,532	1,059	1,565	2,028	2,471	2,9	3,312	3,707	4,088	4,451	4,796	5,1	5,35	5,543	5,671	5,732
1394	0,532	1,059	1,552	2,006	2,442	2,867	3,279	3,674	4,057	4,425	4,773	5,076	5,322	5,513	5,64	5,702
1446	0,532	1,056	1,534	1,981	2,412	2,834	3,245	3,641	4,025	4,398	4,748	5,049	5,294	5,483	5,609	5,671
1497	0,531	1,048	1,513	1,954	2,381	2,8	3,211	3,608	3,993	4,37	4,721	5,021	5,265	5,452	5,578	5,642
1549	0,53	1,034	1,489	1,925	2,349	2,765	3,176	3,574	3,961	4,34	4,692	4,992	5,234	5,421	5,548	5,613
1600	0,529	1,016	1,463	1,895	2,317	2,732	3,141	3,541	3,929	4,31	4,662	4,961	5,203	5,39	5,518	5,585





Trimado: 1 m

DISW(t)	5 °	10 °	15 °	20 °	25 °	30 °	35 °	40 °	45 °	50 °	55 °	60 °	65 °	70 °	75 °	80 °
623,4	0,564	1,128	1,686	2,22	2,726	3,191	3,598	3,95	4,26	4,542	4,817	5,101	5,411	5,733	5,963	6,101
674,8	0,554	1,108	1,661	2,194	2,7	3,174	3,591	3,948	4,262	4,55	4,83	5,124	5,445	5,757	5,969	6,092
726,2	0,546	1,093	1,641	2,173	2,68	3,159	3,581	3,944	4,263	4,557	4,841	5,14	5,472	5,77	5,968	6,077
777,6	0,541	1,083	1,625	2,157	2,664	3,144	3,57	3,937	4,263	4,561	4,85	5,151	5,488	5,774	5,959	6,058
829	0,538	1,076	1,614	2,145	2,653	3,13	3,557	3,929	4,26	4,564	4,857	5,16	5,488	5,769	5,945	6,034
880,4	0,536	1,071	1,606	2,134	2,644	3,114	3,541	3,918	4,254	4,564	4,861	5,166	5,483	5,754	5,926	6,008
931,8	0,535	1,068	1,6	2,126	2,635	3,097	3,522	3,904	4,246	4,561	4,863	5,17	5,476	5,728	5,901	5,978
983,2	0,535	1,067	1,595	2,12	2,622	3,079	3,501	3,887	4,235	4,555	4,862	5,171	5,465	5,702	5,863	5,945
1035	0,534	1,066	1,592	2,114	2,608	3,059	3,478	3,868	4,221	4,546	4,858	5,169	5,453	5,678	5,826	5,904
1086	0,534	1,065	1,59	2,107	2,59	3,036	3,453	3,844	4,203	4,535	4,851	5,163	5,438	5,655	5,795	5,863
1137	0,534	1,065	1,589	2,097	2,569	3,012	3,426	3,818	4,182	4,52	4,841	5,153	5,421	5,63	5,766	5,829
1189	0,534	1,065	1,587	2,083	2,546	2,984	3,397	3,789	4,159	4,502	4,828	5,139	5,401	5,604	5,736	5,797
1240	0,535	1,064	1,584	2,066	2,521	2,955	3,366	3,759	4,132	4,481	4,813	5,121	5,378	5,576	5,705	5,765
1292	0,534	1,063	1,576	2,047	2,493	2,924	3,334	3,726	4,104	4,458	4,795	5,101	5,353	5,547	5,674	5,734
1343	0,534	1,062	1,564	2,024	2,464	2,891	3,301	3,693	4,073	4,433	4,774	5,078	5,327	5,518	5,643	5,703
1394	0,533	1,06	1,548	1,999	2,433	2,856	3,266	3,659	4,04	4,406	4,751	5,052	5,299	5,488	5,612	5,673
1446	0,533	1,055	1,528	1,972	2,401	2,821	3,231	3,625	4,006	4,377	4,725	5,025	5,27	5,458	5,581	5,642
1497	0,532	1,044	1,504	1,943	2,368	2,785	3,195	3,59	3,973	4,347	4,697	4,996	5,24	5,426	5,551	5,613
1549	0,531	1,027	1,478	1,912	2,334	2,749	3,158	3,555	3,94	4,317	4,668	4,967	5,209	5,395	5,52	5,585
1600	0,527	1,006	1,45	1,88	2,301	2,714	3,122	3,521	3,907	4,286	4,637	4,935	5,177	5,364	5,49	5,555





4. Capacidad de tanques y c. de g de espacios

Para empezar se muestra el resumen de las capacidades de tanques estimadas teóricamente anteriormente en cuadernos 'dimensionamiento y 'disposición general':

Tipo de tanque	Capacidad(m ³)
Combustible	360
Servicio diario	30
Aceite de lubricación	6,3
Aceite hidráulico	3,2
Aceite sucio	4
Agua dulce	60
Agua de lastre	63
Lodos	6,3
Sentinas y Aguas sucias	10
Rebosos	10
Dispersante	20
Espuma	20
REC OIL	64



En la siguiente tabla se dará más detalles sobre la localización de los tanques y sus centros de gravedad:

Concepto	Sounding(m)	W (t)	V(m ³)	Xc(m)	Yc(m)	Zc(m)	Mx(t.m)	My(t.m)	Mz(t.m)
LASTRE 1A	0.62	0.082	0.08	30.14	0	2.317	1323.116	-0.002	101.716
LASTRE 1B	3.28	43.899	42.829	37.605	0	8.366	115.085	0	25.603
LASTRE 1D	2.8	3.06	2.986	34.877	0	2.761	92.913	0	7.356
LASTRE 2B	2.4	2.664	2.599	35.207	0	5.233	433.22	-0.001	64.39
LASTRE 1C	2.77	12.305	12.005	33.23	0	5.089	681.857	-0.001	104.415
AD 1C	2.77	20.519	20.519	30.595	2.054	4.988	203.822	13.685	33.232
AD 2C	2.77	6.662	6.662	30.595	-2.054	4.988	203.822	-13.685	33.232
AD 3C	2.77	6.662	6.662	-3.587	0	5.745	-45.562	-0.001	72.968
AD 4C	1.333	12.701	12.701	11.601	4.356	1.089	1.97	0.74	0.185
FUEL 1A	0.378	0.17	0.199	11.601	-4.356	1.089	1.97	-0.74	0.185
FUEL 2A	0.378	0.17	0.199	13.736	0	0.801	261.625	-0.001	15.263
FUEL 3A	1.04	19.047	22.345	13.852	4.664	0.921	19.721	6.64	1.312
FUEL DIARIO 1A	0.833	1.424	1.67	13.852	-4.664	0.921	19.725	-6.641	1.312
FUEL DIARIO 2A	0.833	1.424	1.671	16.013	4.857	0.834	13.85	4.201	0.721
FUEL 4A	0.965	0.865	1.015	16.013	-4.857	0.834	13.853	-4.202	0.722
FUEL 5A	0.965	0.865	1.015	9.634	4.763	2.744	140.53	69.474	40.032
FUEL 1B	2.4	14.587	17.112	9.634	-4.763	2.744	140.535	-69.477	40.034
FUEL 2B	2.4	14.587	17.113	13.62	5.042	2.448	147.432	54.583	26.501
FUEL DIARIO 1B	2.4	10.825	12.699	13.62	-5.042	2.448	147.436	-54.585	26.501
FUEL DIARIO 2B	2.4	10.825	12.699	15.982	5.182	2.423	73.459	23.817	11.135
FUEL 3B	2.4	4.596	5.392	15.982	-5.182	2.422	73.46	-23.818	11.135
FUEL 4B	2.4	4.597	5.393	19.329	4.828	0.842	53.167	13.279	2.317
ESP 1A	0.964	2.751	2.684	19.637	5.14	2.434	316.819	82.932	39.266
ESP 1B	2.4	16.134	15.741	19.637	-5.14	2.434	316.838	-82.937	39.268
ESP 2B	2.4	16.135	15.741	19.329	-4.828	0.842	53.178	-13.282	2.317
ESP 2A	0.964	2.751	2.684	16.414	0	0.639	155.164	0	6.038
A.S 1A	1.15	9.453	10.354	18.537	0	0.634	272.574	0	9.319
A.F 2A	1.15	9.453	10.354	18.537	0	0.634	272.574	0	9.319
ACIETE 1A	1.16	14.704	15.983	21.095	0	0.684	305.773	0	9.909
LODOS Y REBOSOS	1.1	14.495	15.877	25.22	0	0.774	640.29	-0.001	19.653
FUEL 6A	0.99	25.388	29.785	23.942	3.897	0.941	28.432	4.627	1.118
FUEL 7A	0.783	1.188	1.393	23.942	-3.897	0.941	28.436	-4.628	1.118
FUEL 8A	0.783	1.188	1.393	24.925	4.157	2.534	320.966	53.531	32.634
FUEL 5B	2.39	12.877	15.107	24.925	-4.157	2.534	320.985	-53.534	32.636
FUEL 6B	2.39	12.878	15.108	3.885	4.993	5.223	22.019	28.301	29.602
REC OIL 1B	2.701	5.668	6.649	3.885	-4.993	5.223	22.02	-28.303	29.604
REC OIL 2B	2.701	5.668	6.65	5.115	0	5.655	210.459	0	232.678
REC OIL 3B	1.394	41.146	48.27	8.398	4.959	5.002	279.019	164.75	166.173
FUEL 1C	2.77	33.223	38.976	8.398	-4.959	5.002	279.033	-164.76	166.182
FUEL 2C	2.77	33.225	38.978	14.94	5.21	4.985	306.962	107.044	102.422
FUEL 3C	2.77	20.546	24.104	14.94	-5.21	4.985	306.965	-107.05	102.424
FUEL 4C	2.77	20.546	24.104	19.587	0	5.786	11951.127	0	3530.362



En la tabla siguiente se muestra las capacidades finales de los tanques:

Tipo de tanque	Capacidad(m ³)
Combustible	258.7
Servicio diario	28.7
Aceites en total	16
Agua dulce	46.5
Agua de lastre	60.5
Lodos y rebosos	15.9
Agua Sentinas	5.2
Aguas Fecales	5.2
Dispersante	18.4
Espuma	18.4
REC OIL	61.6

La capacidad final es prácticamente aproximada a la capacidad estimada teóricamente excepto en la capacidad de combustible.

5. Calculo de francobordo y de arqueo

Se determina el francobordo y el arqueo respecto a unas normativas con el fin proteger la vida humana y evitar daños.

5.1. Francobordo

El francobordo según la normativa “convenio internacional de líneas de carga de 1988”, es la distancia desde la cubierta competa más elevada, que posee medios de cierres permanentes para todas las aberturas expuestas a la intemperie, hasta una línea de flotación denominada de ‘máxima carga’, y hasta la cual permiten cargar las autoridades marinas.

Las principales características a las que da lugar el francobordo respecto a la seguridad y las condiciones mínimas que debe cumplir:

- El francobordo marca una altura de la obra muerta que protege a la cubierta contra los golpes de mar, dando en el mismo tiempo seguridad a los cierres estancos que van sobre la misma.
- El francobordo da una reserva de estabilidad y flotabilidad al buque, permite compensar las pérdidas de flotabilidad, dentro de determinados márgenes.
- Contribuye en cierto modo a mejora la estabilidad transversal
- Asegura el dimensionamiento de la estructura, especialmente el calado
- Estructura adecuada del buque, con resistencia suficiente para soportar todos los viajes necesarios en condiciones óptimas.



En el caso de los remolcadores se les asignaran francobordos calculados con arreglo a las disposiciones de las reglas 1 a 40, inclusivo. Se les podrá exigir el francobordo adicional que determine la administración.

Para el cálculo se necesita unos parámetros que vienen definidos en el anexo (regla tres):

- **Eslora**

Se tomara como eslora el 96% de la eslora medida en una flotación cuya distancia al canto alto de la quilla sea 85% del puntal mínimo trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón.

$$L = 96\% \text{ LWL}_{85\% D}$$

$$L = 40 \text{ m}$$

- **Manga**

Será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo hasta la línea de trazado de la cuaderna.

$$B = 12 \text{ m}$$

- **Puntal trazado**

El puntal trazado será la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado.

$$D = 6,37 \text{ m}$$

- **Puntal de francobordo**

El puntal francobordo será el puntal trazado en el centro del buque más el espesor de la plancha de trancanil de la cubierta francobordo (8 mm).

$$D_{FB} = 6,378 \text{ m}$$

- **Coeficiente de bloque**

El coeficiente de bloque vendrá dado por la formula siguiente:

$$C_b = \frac{V}{L \cdot B \cdot D}$$



T: 85% del puntal mínimo trazado, 5.41 m

∇ : Volumen del desplazamiento para el calado de 85% D, 1457.2 m³.

$$C_b = 0.531$$

Un remolcador respecto la regla 27 se considera un buque tipo B.

El francobordo tabular para buques de tipo B se determinará por medio de la tabla B de la regla 28:

Eslera del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslera del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslera del buque (metros)	Francobordo (milímetros)
24	200	58	544	92	1116
25	208	59	559	93	1135
26	217	60	573	94	1154
27	225	61	587	95	1172
28	233	62	601	96	1190
29	242	63	615	97	1209
30	250	64	629	98	1219
31	258	65	644	99	1250
32	267	66	659	100	1271
33	275	67	674	101	1293
34	283	68	689	102	1315
35	292	69	705	103	1337
36	300	70	721	104	1359
37	308	71	738	105	1380
38	316	72	754	106	1401
39	325	73	769	107	1421
40	334	74	784	108	1440
41	344	75	800	109	1459
42	354	76	816	110	1479
43	364	77	833	111	1500
44	374	78	850	112	1521
45	385	79	868	113	1543
46	396	80	887	114	1565

Para nuestra eslora L = 40 m, el francobordo Tabular:

$$FB = 334 \text{ mm}$$

Regla 29: Corrección al francobordo por eslora

El francobordo tabular para los buques de tipo "B", de eslora comprendida entre 24 m y 100 m con superestructuras cerradas de una longitud efectiva hasta 35% de la eslora (14 m), se deberá incrementar en la siguiente cantidad:



$$7,5 (100 - L) (0,35 - \frac{E}{L}) \text{ milímetros}$$

siendo L = eslora del buque en metros,

E = longitud efectiva de las superestructuras, en metros, según se define en la regla 35;

Según la regla 35 la longitud efectiva es de $E = 16$ m mayor a la longitud efectiva del 35% L .

$$7,5 \cdot (100 - L) \cdot (0,35 - E / L) = - 23 \text{ mm}$$

Regla 30: Corrección por coeficiente de bloque

Como nuestro coeficiente de bloque es inferior a 0.68 no se le aplica esta corrección.

Regla 31: Corrección por puntal

Se incrementa el francobordo, debido al puntal D (6,37 m) > $L/15$ (2.67 m), de la siguiente manera:

$$(D - \frac{L}{15}) R$$

Siendo $R = L / 0,48 = 83,33$, para esloras inferiores a 120 m

El incremento por la corrección sería:

$$309 \text{ mm}$$

Regla 33: Altura normal de las superestructuras

La altura normal de una superestructura será la que se indica en la tabla siguiente:

Altura normal (en metros)		
L_s (metros)	Saltillo	Todas las demás superestructuras
30 ó menos	0,90	1,80
75	1,20	1,80
125 ó más	1,80	2,30

Para buques de eslora comprendida entre 30 m y 75 m, la altura de la superestructura es de 1.80 m.



Regla 37: Reducción por superestructuras y troncos

Cuando la longitud efectiva de las superestructuras y troncos sea igual a $1,0 L$, la reducción del francobordo será de 350 milímetros, para 24 metros de eslora del buque, 860 milímetros, para 85 metros de eslora, las reducciones correspondientes a esloras intermedias, se obtendrán por interpolación lineal.

Para eslora 40 m con E/L de $1.0 L$ nos da por interpolación: 484 mm

Porcentaje de reducción para buques del tipo "B"

	Longitud efectiva total de superestructuras y troncos											
	Línea	0	0,1 L	0,2 L	0,3 L	0,4 L	0,5 L	0,6 L	0,7 L	0,8 L	0,9 L	1,0 L
Buques con castillo y sin puente aislado	I	0	5	10	15	23,5	32	46	63	75,3	87,7	100
Buques con castillo y puente aislado	II	0	6,3	12,7	19	27,5	36	46	63	75,3	87,7	100

Tomado la longitud efectiva de superestructura en función de la eslora total de $0,4 L$, lo que aplica una reducción de 27,5 % de la reducción del francobordo:

133 mm

Regla 38: Arrufo

El arrufo se medirá desde la cubierta en el costado hasta una línea de referencia trazada paralelamente a la quilla y que pase por el punto de la línea de arrufo correspondiente al centro del buque.

En buques proyectados con asiento de quilla, el arrufo se medirá respecto a una línea de referencia trazada paralelamente a la flotación de proyecto en carga.

Cuando la curva de arrufo sea diferente de la normal, las cuatro ordenadas de cada una de las curvas en mitades de proa o de popa se multiplicarán por los factores correspondientes que se dan en la última columna de la tabla siguiente. La diferencia entre las sumas de los productos así obtenidos y la de los productos correspondientes al arrufo normal dividido por 8, indica la deficiencia o exceso de arrufo en las mitades de proa o de popa. La media aritmética de los valores así obtenidos expresas el exceso o deficiencia de arrufo de la cubierta.



En el caso de remolcador no es conveniente poner arrufo en la cubierta principal por lo que complica la operación de remolque, por lo tanto despreciamos el arrufo real, y la diferencia entre las ordenadas del arrufo normal y real será los valores de las ordenadas del arrufo normal.

	Situación	Ordenada (en milímetros)	Factor
Mitad de popa	Perpendicular de popa	$25 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	1
	$\frac{1}{6}$ L desde la p. de Pp.	$11,1 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	$\frac{1}{3}$ L desde la p. de Pp.	$2,8 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	Centro del barco	0	1
Mitad de proa	Centro del barco	0	1
	$\frac{1}{6}$ L desde la p. de Pr.	$5,6 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	$\frac{1}{3}$ L desde la p. de Pr.	$22,2 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	3
	Perpendicular de proa	$50 \left(\frac{L}{3} + 10 \right)$	1

Posición	Arrufo normal(mm)	Factor	Producto normal
Ppp	583,33	1	583,3
1/6 desde Ppp	259	3	777,0
1/3 desde Ppp	65,33	3	196,0
Centro del barco	0	1	0,0
Suma Pp			1556,3
Centro del barco	0	1	0,0
1/6 desde Ppr	130,67	3	392,0
1/3 desde Ppr	518	3	1554,0
Ppr	1166,67	1	1166,7
Suma Pr			3112,7

Defecto de arrufo de popa: $1556,3 / 8 = 194,5$ mm

Defecto de arrufo de proa: $3112,7 / 8 = 389$ mm

Defecto de arrufo será la media del defecto de arrufo de proa y de popa: 292 mm



Considerando el factor de corrección:

$$0,75 - \frac{S}{2L}$$
$$= 0.55$$

Siendo S es la longitud de la superestructura en función de la eslora del barco, 0.4 L.

Por lo tanto se añadirá al francobordo:

$$161 \text{ mm}$$

Regla 39: Altura mínima de proa

La altura de proa, definida como distancia vertical, en la perpendicular de proa, entre la flotación correspondiente al francobordo de verano asignado y al asiento de proyecto, y la parte superior de la cubierta de intemperie en el costado, el valor mínimo de la altura de proa será:

$$F_b = [6075 \cdot (L/100) - 1875 \cdot (L/100)^2 + 200 \cdot (L/100)^3] \cdot [2.08 + 0.609 \cdot C_B - 1.603 \cdot C_{Wf} - 0.0129 \cdot (L/d_1)]$$

Siendo

L, la eslora definida en la regla 3, L= 40 m.

B, la manga de trazado definida en la regla 3, B =11.92 m

d₁, el calado en el 85% del puntal D, d₁ =5.41 m

C_B, el coeficiente de bloque definido en la regla 3, C_B =0.531.

A_{Wf}, el area de la flotación a proa de L/2 para el calado d₁. A_{Wf} = 162.56 m²

C_{Wf}, el coeficiente del area de flotación es:

$$C_{Wf} = A_{Wf} / (B \cdot L / 2)$$

$$C_{Wf} = 0.682$$

La altura minima de proa:

$$F_b = 2603 \text{ mm}$$



La altura real se obtiene utilizando el plano de formas, como diferencia entre el puntal sobre la perpendicular de proa y el calado correspondiente al francobordo de verano ($T_{\text{verano}} = 5.7 \text{ m}$) y vale 6240 mm.

En nuestro caso, esta distancia cumple los requisitos exigidos por el convenio.

Regla 40: Francobordos mínimos

Francobordo de verano

Será el francobordo obtenido de las tablas de la regla 28 (francobordo tabular) modificado por las correcciones que hemos hallado.

$$FB_{\text{verano}} = FB_{\text{Tabular}} + \text{Corrección por puntal} + \text{Corrección por arrufo} - \text{Reducción por Superestructuras}$$

$$FB_{\text{verano}} = 670 \text{ mm}$$

Francobordo tropical

Será el francobordo obtenido restando al francobordo del verano un cuarenta y ochavo del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.

$$FB_{\text{tropical}} = 656 \text{ mm}$$

Francobordo de invierno

Será el francobordo obtenido añadiendo al francobordo de verano un cuarenta y ochavo del calado de verano.

$$FB_{\text{invierno}} = 684 \text{ mm}$$

Francobordo para el Atlántico Norte, invierno

El francobordo mínimo para buques de eslora no superior a 100 m, será el francobordo de invierno más 50 mm.

$$FB_{\text{invierno atlántico norte}} = 734 \text{ mm}$$

Francobordo de agua dulce

El francobordo mínimo en agua dulce de densidad igual a la unidad se obtendrá restando del francobordo mínimo en agua salada:



$$\frac{\Delta}{40 T} \text{ centímetros}$$

donde Δ = desplazamiento en agua salada, en toneladas, en la flotación en carga de verano

T = toneladas por centímetro (pulgada) de inmersión

$$\Delta = 1620 \text{ t}$$

$$T = 4,243 \text{ t/cm}$$

$$FB_{\text{agua dulce}} = FB_{\text{verano}} - (\Delta / 40T)$$

$$FB_{\text{agua dulce}} = 574 \text{ mm}$$

5.2. Cálculo de Arqueo

El estudio del arqueo se hará según la normativa "convenio internacional sobre arqueo para buques de 23 de junio de 1969"

Regla 3: Arqueo bruto

El arqueo bruto de un buque (GT) se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$GT = K_1 \cdot V$$

En la cual:

V = volumen total de todos los espacios cerrados del buque, expresado en m^3

$$K_1 = 0.2 + 0.02 \log_{10} V$$

Estimamos el volumen de los espacios cerrados:

Volumen del casco hasta la cubierta principal: 2100.2 m^3

Volumen bajo la cubierta de bote: 300.94 m^3

Volumen bajo la cubierta de castillo: 262.89 m^3

Volumen cerrado de superestructuras: 179.6 m^3

Volumen cerrado de Puente: 141.23 m^3



El volumen total:

$$V = 2984.86 \text{ m}^3$$

$$K_1 = 0.269$$

$$GT = 804 \text{ GT}$$

Regla 3: Arqueo neto

El arqueo neto (NT) de un buque se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$NT = K_2 \cdot V_c \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D} \right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

Siendo:

- N_1 : número de pasajeros en camarotes que no tengan más de ocho camas
- N_2 : resto de los pasajeros
- D : puntal trazado
- d : calado
- V_c : volumen total de los espacios de carga

NT no se tomara inferior a 0.3 GT

Como nuestro barco es un remolcador no se dedica a llevar pasajeros ni carga, se considera el arqueo neto en este caso el mínimo valor:

$$NT = 0.3 \text{ GT}$$

$$NT = 241$$



6. Referencias

- Apuntes de Asignatura Hidrostática y Estabilidad”, Pérez Rojas, L., Madrid 2012, Sección de publicaciones E.T.S.I.Navales.
- Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques de 1969
- Convenio Internacional de las Líneas de Carga de 1930



Cuaderno 05:

Cálculo de potencia. Proyecto de propulsores
y Timones.

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun

Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Resistencia al avance.....	4
2.1 Método de Holtrop.....	4
2.2 Método van Oortmerssen.....	5
3. Proyecto del propulsor.....	9
3.1 Tipo del propulsor.....	9
3.2 Proyecto de hélice.....	10
3.2.1.1 En navegación libre.....	12
3.2.1.2 Hélice en condición del tiro.....	19
4. Elección del motor	22
5. Maniobrabilidad	23
5.1 Tobera	23
5.2 Hélice transversal	24
6. Referencias	26



1. Introducción

Después de tener las formas del casco y las dimensiones de la carena, sabiendo que hay una interacción mutua entre la carena y hélice, como la estela (acción de la carena sobre la hélice) y succión (acción de la hélice sobre la carena). Debido a esas interacción es necesario tener una estimación de la potencia propulsiva del buque con objeto de definir la maquinaria propulsora que ha de instalarse para que el buque alcance la velocidad de proyecto. Esta estimación debe ser lo más aproximado posible a la realidad, aunque los valores definitivos de la velocidad esperada para el buque con la mencionada maquinaria no se conocerán hasta que se hayan realizado los correspondientes ensayos con modelos en el canal de experiencias, pero este paso será bastante posterior en el proceso de proyecto, por lo que en el anteproyecto se necesita un procedimiento fiable que nos proporcione la mencionada estimación de la resistencia al avance.

Un método estadístico de estimación de la potencia consiste en definir, a partir de una determinada base de datos de ensayos con modelos, una serie de gráficos, diagramas o ecuaciones, ligen las características geométricas y coeficientes de la carena del buque, con las distintas componentes de la resistencia al avance.

Existen varios métodos estadísticos de predicción de la potencia, la mayoría de ellos ceñidos a tipos o gamas de buques muy concretos y específicos. Como el método de Guldhammer y el método de Holtrop. Pero para los buques de arrastreros o remolcadores el método adecuado es de van Oortmersen.

En cuanto al propulsor, hay métodos de proyectos de hélices, en principio existen unos objetivos que debe ser cubiertos por la hélice, como:

- Debe proporcionar un empuje suficiente para propulsar al buque a la velocidad deseada con un rendimiento lo mayor posible, es decir la potencia absorbida por ella sea la mínima que pueda alcanzarse.
- No deben presentarse fenómenos de cavitación.
- La resistencia mecánica o estructural de la hélice ha de ser la adecuada para permitirle funcionar sujeta a los esfuerzos desarrollados en sus palas sin riesgo de fracturas o deformaciones.

Como se ha mencionado anteriormente sobre los métodos de proyectos de hélices, son dos:

- Por serie sistemáticas: Este método de proyecto es el más sencillo y el más utilizado para proyectos preliminares.
- Por teoría de circulación: Este procedimiento es más complejo que el anterior, consiste en encontrar la forma, longitud, paso y rendimiento de las secciones de la pala a los diferentes radios, todo ello de acuerdo con un predeterminado reparto



radial de estela media circunferencial. Se ha de utilizar siempre si la hélice está muy cargada, dar mucho empuje por unidad de área de disco, o bien cuando ha de trabajar con un reparto de estela muy poco uniforme. En ambos casos la hélice es muy susceptible a la cavitación. Como en nuestro caso tenemos la propulsión azimutal, significa que la hélice aparte de trabajar como propulsor desempeña el papel del timón, lo que exige en su diseño que cumple las cualidades de maniobrabilidad.



2. Resistencia al avance

La resistencia al avance de un buque a una determinada velocidad es la fuerza que opone el fluido al movimiento. Interesa conocer la resistencia al avance porque está directamente relacionada con la potencia, lo que sería buena estimación de la potencia en la fase inicial del proyecto mediante un método analítico de estimar la resistencia de avance.

La mayoría de los métodos se basan en la hipótesis de Hughes, que consiste en la resistencia total de avance descompone de resistencia viscosa, debida a la viscosidad de fluido y de resistencia por formación de olas. Existen varios métodos pero los más adecuados para este tipo de buques son método de Holtrop y Van Oortmerssen.

2.1. Método de Holtrop

Usando base de datos y los parámetros geométricos de todos los modelos ensayados en canal de ensayos, en un programa estadístico de correlaciones cruzadas, con correcciones basada en regresiones polinómicas para poder obtener las curvas con el menor error cuadrático medio.

Como hemos dicho que holtrop utilizo un método similar a Hughes:

$$R_T = (1+k) \cdot R_F + R_W + R_{AP} + R_B + R_{TR} + R_A$$

R_T : Resistencia total

$(1+k)$: factor de forma

R_F : Resistencia de fricción de placa plana

R_W : Resistencia por formación de olas

R_{AP} : Resistencia por apendices

R_B : Resistencia del budo

R_{TR} : Resistencia por popa de espejo

R_A : Resistencia debida a la correlación de C_A

Condiciones para aplicar el método:

$$F_N < 0,45$$

$$0,55 < C_p < 0,85$$

$$3,9 < L_{pp}/B < 9,5$$



2.2. Método Van Oortmerssen

Este método también está basado en la hipótesis de Hughes:

$$R_T = R_V (R_n) + R_w (F_n)$$

Se considera los dos partes independientes, es decir la resistencia por formación de olas, R_w , es depende el numero de Froude, sin embargo la resistencia viscosa, R_v , es en función del número de Reynolds.

Se determina la resistencia por formación de olas, a partir de ensayos del canal, teniendo en cuenta las formas del buque, otros parámetros como la influencia de flotación en proa y popa, numero de Froude. Mientras que el cálculo de la resistencia viscosa es mediante la resistencia de fricción de una placa plana por el factor de forma que es $1+k$.

El campo de aplicación del método:

$$F_N < 0,5$$

$$0,5 < C_p < 0,73$$

$$0,7 < C_M < 0,97$$

$$3,0 < L_{pp} / B < 6,2$$

$$1,9 < B/T < 4,0$$

$$8 < L_{pp} < 80$$

$$5 < DISW < 3000$$

$$-7,0 < X_B < 2,8$$

Observando que con el método de holtrop nuestro barco no cumple con la relación L_{pp}/B , en cambio con el método estadístico Van Oortmerssen cumple todo los parámetros, pero este método suele dar un incremento de potencia notable para la misma velocidad respecto a otros métodos, al final mejor determinar la resistencia y la potencia empleando el programa HullSpeed seleccionando el método de van Oortmeeresn y el método de holtrop, utilizando el modelo del buque proyecto, modelado en Maxurf.

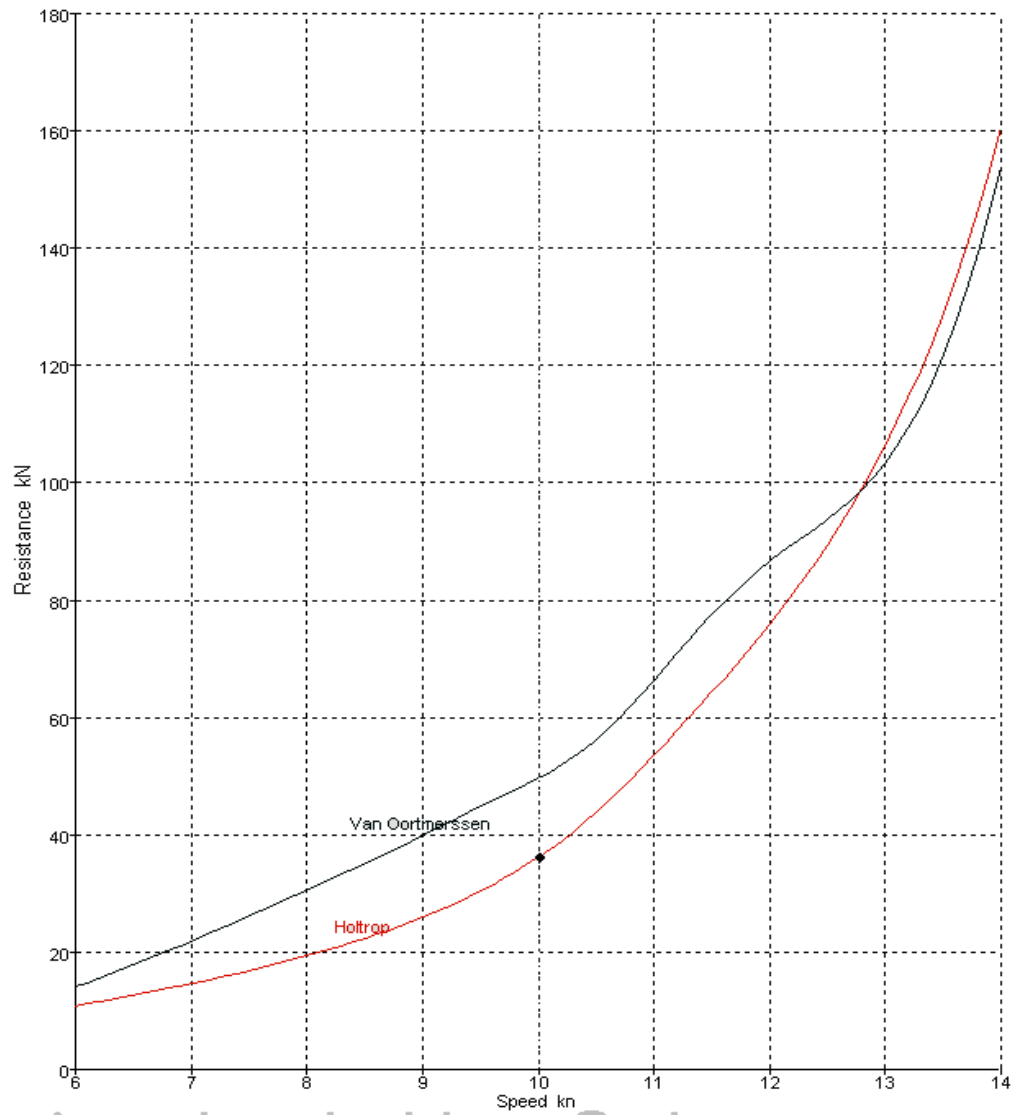


Estos son los valores por los dos métodos, para el cálculo de los valores de la resistencia y a la potencia, en función de la velocidad:

Velocidad (nudos)	Resistencia(kN) método de Holtrop	Potencia (kw) método de Holtrop	Resistencia(kN) método de van Oortmerssen	Potencia (kw) método de van Oortmerssen
6,0	10,9	54,2	14,1	70,2
6,2	11,6	59,6	15,5	80,0
6,4	12,3	65,4	17,1	90,6
6,6	13,1	71,6	18,6	102,0
6,8	13,9	78,2	20,2	114,2
7,0	14,7	85,2	21,9	127,2
7,2	15,5	92,7	23,6	140,9
7,4	16,4	100,8	25,3	155,4
7,6	17,3	109,4	27,1	170,6
7,8	18,3	118,7	28,8	186,5
8,0	19,4	128,7	30,6	203,2
8,2	20,5	139,6	32,4	220,4
8,4	21,7	151,4	34,2	238,4
8,6	23,0	164,3	36,0	257,2
8,8	24,4	178,3	37,9	277,0
9,0	25,9	193,6	39,9	298,0
9,2	27,6	210,5	41,9	319,8
9,4	29,4	229,2	43,9	342,0
9,6	31,4	250,1	45,7	364,4
9,8	33,6	273,6	47,6	387,2
10,0	36,2	300,1	49,6	411,7
10,2	39,0	330,2	51,9	439,4
10,4	42,2	364,1	54,7	471,9
10,6	45,7	401,8	58,0	510,4
10,8	49,5	443,2	61,9	555,1
11,0	53,5	488,1	66,3	605,1
11,2	57,7	536,1	70,8	658,4
11,4	62,1	587,0	75,4	712,8
11,6	66,6	640,6	79,6	766,0
11,8	71,2	697,1	83,4	816,2
12,0	76,0	757,0	86,7	862,9
12,2	81,1	821,1	89,6	906,9
12,4	86,5	890,5	92,4	950,3
12,6	92,5	966,7	95,3	996,5
12,8	99,0	1051,3	98,8	1049,8
13,0	106,3	1146,2	103,4	1115,2
13,2	114,5	1253,8	109,4	1198,0
13,4	123,8	1376,5	117,2	1302,8
13,6	134,4	1517,1	127,1	1434,1
13,8	146,6	1678,6	139,3	1595,2
14,0	160,5	1864,4	154,0	1788,7

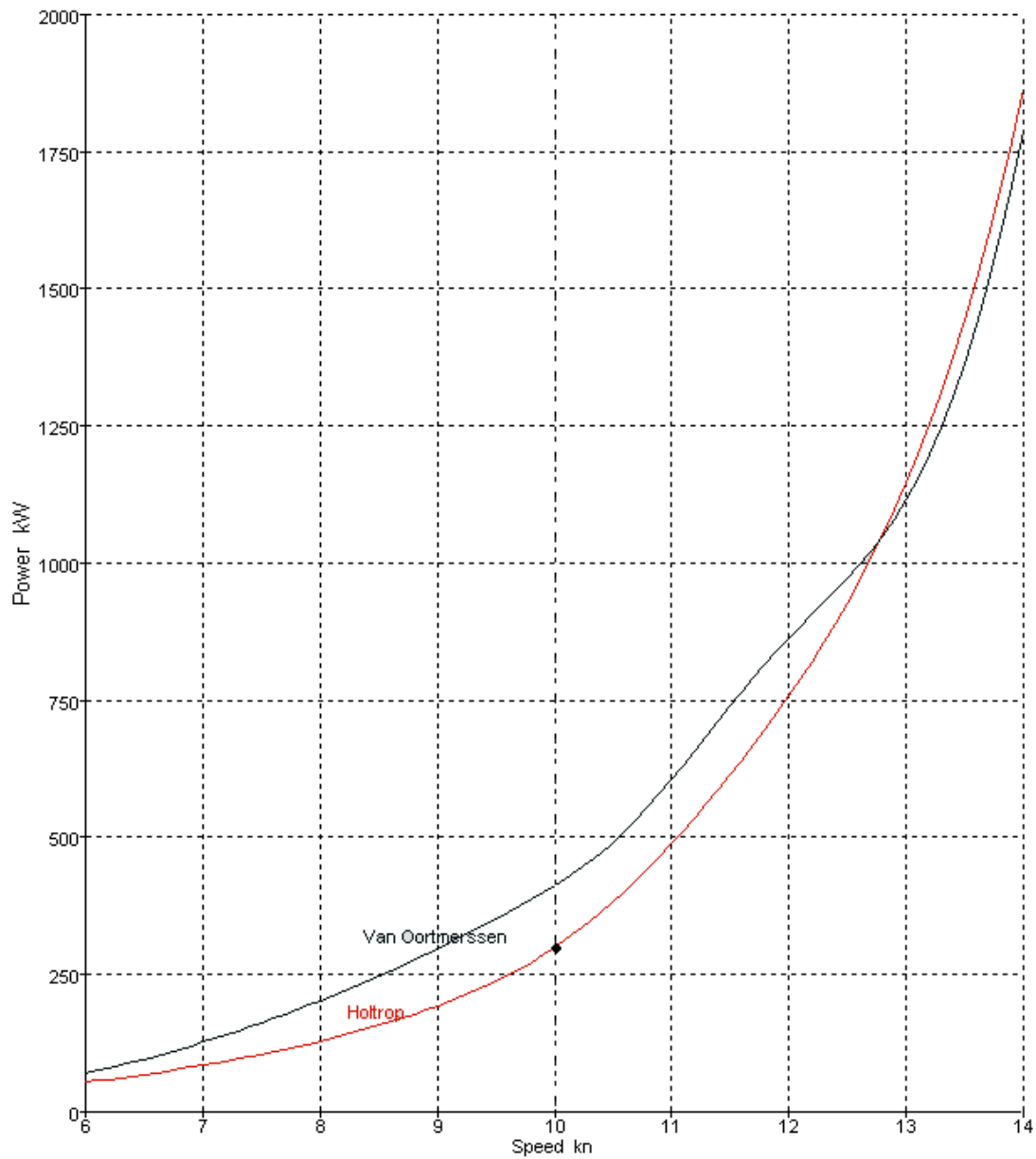


A partir de esta tabla se obtiene la curva de resistencia- velocidad de los dos métodos:





La grafica de la potencia – velocidad por los dos métodos:



El resultado correspondiente a la velocidad de buque proyecto es:

Velocidad (nudos)	Resistencia(kN) método de holtrop	Potencia (kw) método de holtrop	Resistencia(kN) método de van Oortmerssen	Potencia (kw) método de van Oortmerssen
12,000	76,0	757	86,7	863



Observamos que la resistencia y la potencia sacadas por método de holtrop no cambian mucho respecto a las de método de van Ootmerssen, consideramos como potencia y resistencia final las del método Van Ootmerssen, ya que el buque proyecto cumple todos los rangos con este método.

Resistencia al avance: $R = 86.7 \text{ kN}$

Potencia efectiva: $P = 863 \text{ kw}$

3. Proyecto del Propulsor

En la actualidad existen dos métodos apropiados para el correcto proyecto de una hélice, para este proyecto el más adecuado es series sistemáticas de propulsores. Se trata de un conjunto de formas de hélices relacionadas entre sí de manera geométrica y sistemática, elegidas para tener buen rendimiento y aceptable comportamiento en cavitación y de las que adicionalmente se dispone de resultados de ensayos de propulsor aislado.

Existen unas diversas series como:

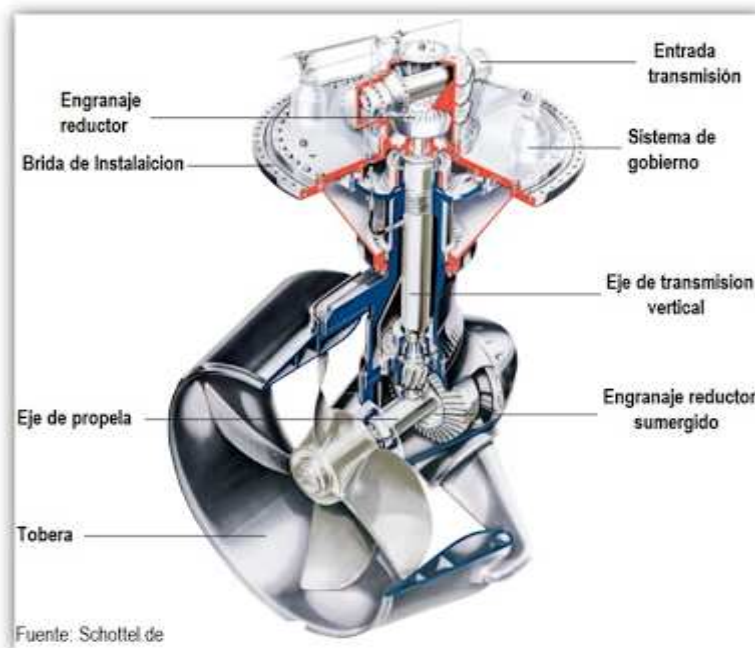
- series A, B y BB del canal de Wageningen en, es la más usada.
- Series M.A.U
- Serie del A.E.W.

3.1. Tipo del Propulsor

La propulsión del buque proyecto es de tipo azimutal, es una combinación de propulsión y gobierno azimutal (hélice - tobera timón). Por lo tanto, no hay ninguna necesidad de un timón. Una de las ventajas es que La potencia del motor se convierte en empuje óptimo. La rotación de 360° de la hélice timón significa que toda la potencia de entrada está disponible para maniobrar. También ocupan poco espacio en sala de máquinas ya que su eje es completamente vertical y no transcurre a lo largo del buque. Se instalan dos hélices tipo de paso variable, lo que obliga poner dos líneas de ejes.



PROPULSION AZIMUTAL GIRO DE 360º



Este diseño proporciona además, gran facilidad para su instalación, desmontaje, intercambiabilidad y operatividad de sus componentes. El diseño de este propulsor consta de tres módulos básicos:

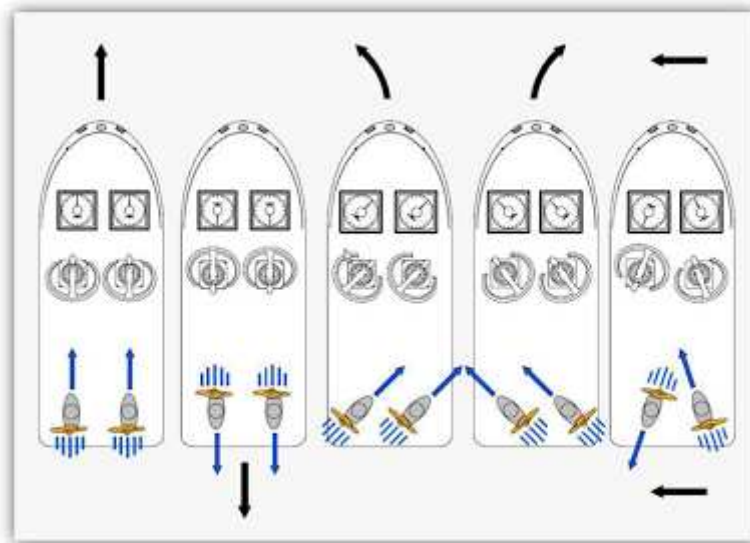
- Cuerpo superior: Contiene los engranajes de reducción, embrague, elementos y engranajes de giro o gobierno de la unidad y el tanque de lubricación.
- Cuerpo intermedio: Consta del cilindro soporte, cilindro de gobierno y eje de transmisión vertical.
- Cuerpo inferior: Contiene los engranajes de reducción secundaria, la carcasa, la hélice y la tobera.

Ventajas:

- Máxima maniobrabilidad
- Máxima eficacia
- Operación económica
- Instalación para ahorrar espacio
- Mantenimiento sencillo
- Alta fiabilidad
- Optimizada en términos de la cavitación y vibración
- Diseño fiable
- Hélice de paso variable



Máxima maniobrabilidad



3.2. Proyecto de Hélice

Un mejor diseño de hélice es en cuanto más grande sea suministra el empuje requerido a bajas revoluciones (lo más lenta posible).

Para un remolcador, se dimensiona el propulsor con el fin de cumplir dos condiciones de operación que presta el buque:

- Navegación libre: el buque desarrolla la potencia de su motor para que alcance la mayor velocidad posible.
- Operación del tiro: el buque debe desarrollar la potencia de su motor, a bajas velocidades, dando la hélice el mayor empuje posible que servirá para remolque.

Si el proyecto de la hélice se realiza para la condición de navegación libre, en la condición de operación de remolque, debido a que la velocidad de avance es muy baja, los ángulos de ataque sobre las palas se harán muy grandes, y el par absorbido por la hélice también será grande, no puede el motor suministra ese par, la hélice en este caso es pesada, y tendrá un paso superior al exigido para esta condición.

En condición del tiro se proyecta la hélice para dar un paso relativamente pequeño, para dar el mismo empuje necesario de propulsar al buque, lo que lleva a cabo a exigir más revoluciones rpm de las nominales del motor, la hélice en este caso se considera ligera. Se suelen adoptar soluciones de compromiso, pero por la particularidad del proyecto conviene examinarlo individualmente caso por caso.



3.2.1. En navegación libre

El proceso, es fijar primero el diámetro del propulsor en el tamaño máximo que pueda albergar el vano del codaste y buscar las revoluciones que nos producen el mejor rendimiento de la hélice, considerando las revoluciones como un grado adicional de libertad. La razón de elegir el mayor diámetro, es que las hélices de diámetros mayores son menos cargadas, con C_T más bajo, tienen a sus RPM optimas mejores rendimientos que las hélices de diámetros menores.

El procedimiento de cálculo es la siguiente:

Se determina los BHP, el valor D_{\max} y la velocidad del flujo en la hélice, V_a , el rendimiento propulsivo, η_p , y también los valores coeficiente de estela, w_T , coeficiente de succión, t , estimados de formulas empíricas.

- **Coeficiente de Succión y de Estela**

Debido al fenómeno de succión, se aumenta la resistencia al avance de la carena respecto a la que tendría si no estuviera presente la hélice, como la hélice aumenta la velocidad lo que se traduce en una disminución de la presión, por lo tanto la resistencia de presión se ve aumentada, y también se aumenta la resistencia de fricción en zonas locales de la popa próximas a la hélice. Lo que significa que el empuje de la hélice necesario para propulsar el buque a una velocidad V es mayor que la resistencia R por método de van Ootmerssen.

Se define el coeficiente de succión como:

$$t = (T - R) / T$$

t : el coeficiente de succión.

R : resistencia al avance.

Como no está determinado, Se obtiene por la formula de Taylor, ya que el buque tiene dos hélices:

$$t = 0,7 w + 0,06$$

W : el coeficiente de estela.

Esta fórmula relaciona el coeficiente de succión con de estela efectiva, eso debido a que ambos están relacionados físicamente.



En el fenómeno de estela la hélice empuja con una velocidad menor que la velocidad del avance, el flujo le llega con menos velocidad. Este coeficiente nos presenta el valor medio de la estela en el disco cuando la hélice está funcionando.

Se obtiene mediante la fórmula de Taylor:

$$w_T = 0,55 C_B - 0,20$$

Para nuestro coeficiente de bloque, $C_B = 0,513$

$$w_T = 0,082$$

$$t = 0,12$$

- **Velocidad del Propulsor**

Como ya se ha comentado que la velocidad que llega al propulsor V_a es menor respecto a la velocidad de avance del buque V , por el efecto de la carena sobre el propulsor (efecto de estela):

$$V_a = V \cdot (1 - w)$$

$$V_a = 11,93 \text{ kn}$$

- **Potencia BHP. Rendimientos**

BHP es la potencia al freno, La potencia del motor de combustión interna. Para pasar de BHP a la potencia efectiva de la hélice, EHP, se debe conocer los rendimientos correspondientes, que se resumen en un rendimiento propulsivo.

$$EHP = \eta_p \cdot BHP$$

Siendo:

$$\eta_p = \eta_H \cdot \eta_r \cdot \eta_o \cdot \eta_M$$

η_M : rendimiento mecánico debido a las pérdidas en la línea de eje completa incluyendo reductor.

Se estima el rendimiento mecánico de una tabla de libro 'introducción a la resistencia y propulsión'.

El motor lleva una reductora y el buque dispone de dos hélices, entonces el valor de rendimiento está entre 0,94 y 0,96, será un valor medio:

$$\eta_M = 0,95$$



η_H : rendimiento del casco, es por el efecto de la interacción mutua entre carena hélice. Se obtiene en función del coeficiente de estela y de succión:

$$\eta_H = (1-t) / (1-w)$$

$$\eta_H = 0,96$$

η_r : rendimiento rotativo relativo, es por la heterogeneidades del campo de velocidades que implica que los rendimiento locales de cada sección de la pala sean diferentes en aguas libres que detrás de la carena. También influencia del tipo del flujo sobre la pala.

Se estima el rendimiento rotativo relativo, tras una búsqueda de buques similares:

$$\eta_r = 1,02$$

η_0 : rendimiento de hélice en aguas tranquilas, es el efecto de las aguas sobre la hélice sin carena, Se estima un valor preliminar:

$$\eta_0 = 0,58$$

El rendimiento propulsivo total:

$$\eta_p = 0,54$$

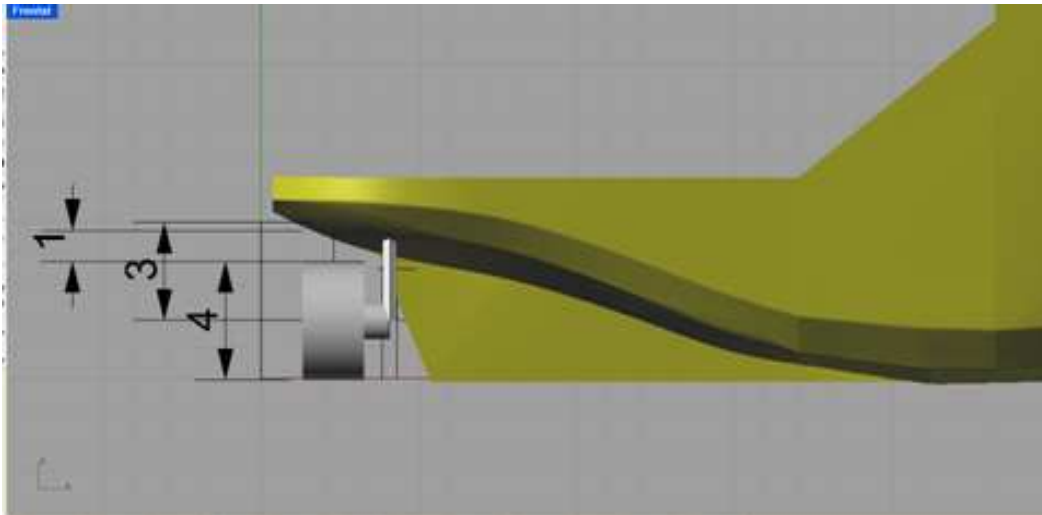
La potencia al freno:

$$BHP = EHP / \eta_p$$

$$BHP = 1598 \text{ Kw} = 2171 \text{ CV}$$

- **Dimensionamiento de Hélice**

Partiendo de las formas del buque, se empieza con un diseño preliminar de la hélice. En cuanto a la disposición del propulsor, se coloca el eje de transmisión vertical justo en la intersección de la línea de flotación con el perpendicular de la popa, y al final del eje de propela se instala la hélice con la tobera para aprovechar el máximo diámetro, teniendo en cuenta la distancia entre el canto alto con el codaste.



Las dimensiones preliminares del propulsor:

Separación entre la tobera y la hélice: 0,03 m

Diámetro de la tobera: 4 m

Diámetro de la hélice: 3,97 m

Inmersión del eje de propela, h: 3 m

Número de palas, Z: 4

Según la especificación del motor trabaja a 90% de la potencia nominal:

$$BHP_p = 0,9 \cdot BHP$$

$$BHP_p = 1954 \text{ CV}$$

$$DHP_{WAG} = BHP_p \cdot \eta_M \cdot \eta_r / 1,026$$

DHP_{WAG} , es la potencia entregada a la hélice con la que debe entrar en los diagramas.

$$DHP_{WAG} = 1845 \text{ CV}$$

El empuje se calcula en función del coeficiente de succión y la resistencia al avance, R:

$$T = R / (1-t)$$

$$T = 10043 \text{ kg}$$



- **Cavitación**

Los efectos de la cavitación sobre la hélice son indeseables, se presentan como vibraciones, ruidos y deterioro superficial de las palas, en casos extremos rotura por fatiga del material.

Se estima la relación área /disco necesaria para prevenir la cavitación, en cuanto es suficientemente grande para que el empuje se desarrolla uniformemente sobre la superficie de la pala y que no está cargada, pero para un buen diseño se exige que la relación área/ disco sea la mínima posible con asegurar que no existirá cavitación peligrosa, en cuanto menos es la relación menos superficie sometida a resistencia de fricción y mayor rendimiento de la hélice. Por lo tanto a la hora de elegir la relación área/disco de una hélice debe adoptarse una solución de compromiso entre el buen rendimiento y la resistencia a la cavitación.

Se calcula la relación área/disco mínima necesaria mediante el método de Keller:

$$A_D/A_0 = [(1,3 + 0,3 Z) \cdot T / (P_0 - P_V) \cdot D^2] + K$$

Siendo:

$(P_0 - P_V)$: 10100 + 1026 h

h: inmersión de la línea de ejes, m

Z: numero de palas

T: empuje de la hélice, Kg

D: diámetro de la hélice, m

K: constante de seguridad, que varía respecto el material y el número de la hélice. Para nuestro caso, un buque de 2 hélices en general, K= 0,1.

Aplicando con los valores preliminares:

$$A_D/A_0 = 0,22$$

Con este valor no cumple con la relación área disco de la serie B 4.40, de 4 palas $A_D/A_0 = 0,4$. Hay que bajar el diámetro para el mismo empuje.

Iterando con los valores siguientes:

D= 2,4 m

h = 2,5 m

Z=5



$$A_D/A_0 = 0,49$$

Este valor si cumple por ser menor que el mínimo por cavitación $A_D/A_0 = 0,6$. Los cálculos de área- disco y de rendimiento se basaran la serie B 5.60

- **Revoluciones optimas de la hélice**

Technical Data

Type	Input Power [kW]	Input speed [rpm]	Propeller ø [m]	Weight [t]*
SRP 0320	150 - 250	1800/2300	0.65 - 0.85	1.50
SRP 170	220 - 350	1800/2000	0.90 - 1.10	1.65
SRP 200	280 - 410	1800/2100	1.00 - 1.20	2.10
SRP 330	400 - 620	1800	1.25 - 1.40	3.60
SRP 440	600 - 840	1600/1800	1.45	7.50
SRP 550	630 - 1000	1000/1200/1600/1800	1.50 - 1.75	9.60
SRP 1012	1150 - 1550	750/900/1000/1200/1600/1800	2.10	17.00
SRP 1212	1380 - 1800	750/900/1000/1200/1600/1800	2.30	17.50
SRP 3000	1500 - 2100	750/900/1000/1200/1600/1800	2.40	20.00
SRP 1515	1750 - 2400	750/900/1000/1200/1600/1800	2.60	27.50
SRP 4000	2100 - 2800	750/900/1000/1200/1600/1800	2.80	31.00
SRP 3030	2850 - 3600	600/750/900/1000	3.40	53.00
SRP 4040	3450 - 4500	600/750/900/1000	3.80	80.00
SRP 4500	4000 - 5400	750/900/1000	4.20	65.00

Para una hélice de diámetro 2,4 m, elegimos el propulsor azimutal SRP 3000 con potencia de 1500 Kw y de 750 rpm de entrada, como la hélice no puede trabajar a revoluciones altas, lo que lleva a cabo buscar revoluciones óptimas de salida de la hélice.

El proceso de determinar las revoluciones óptimas:

Primero se escoge varios valores de las rpm de forma que las $n_{\text{óptimas}}$ estén incluidas dentro de esa gama.

Se calculan δ y B_p para cada una de las revoluciones elegidas:

$$\delta = n \cdot D / V_a \text{ y } B_p = n \cdot DHP^{0.5} / V_a^{2.5}$$



δ : es en función del grado de avance, ó en función de revoluciones, diámetro y la velocidad. Es un parámetro esencial para las graficas de serie B de wageningen.

B_p : es un parámetro de la serie B de wageningen.

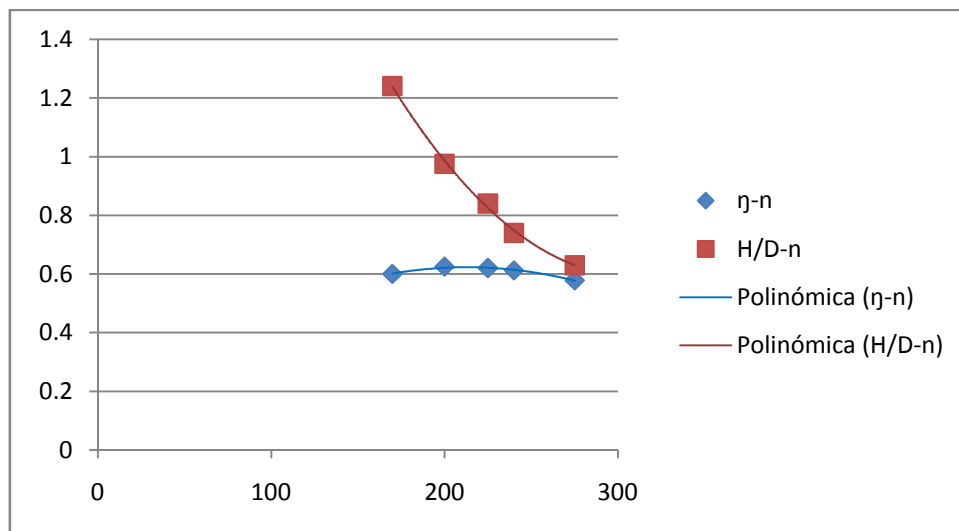
Se entra en el diagrama de la serie B 5.60 de Wageningen con $\delta - B_p$ corresponde a cada valor de las RPM, se saca los valores η_0 y las relaciones paso diámetro (H/D) correspondientes.

En una tabla se resume los resultados:

n	δ	B_p	H/D	η
170	130,9	14,9	1,24	0,6
200	154,0	17,5	0,975	0,625
225	173,3	19,7	0,840	0,62
240	184,8	21,0	0,740	0,612
275	211,8	24,0	0,63	0,578

Se dibuja la curva $\eta_0 - n$ y se obtiene las $n_{\text{óptimas}}$ que corresponden al $\eta_{0\text{max}}$

Se dibuja la curva H/D -n y entrando en ella con las $n_{\text{óptimas}}$ se obtiene el valor H/D correspondiente.



Las revoluciones óptimas: $n_{\text{óptimas}} = 200 \text{ rpm}$

El máximo rendimiento: $\eta_{0\text{max}} = 0,625$



El rendimiento propulsivo final: $\eta_p = 0,58$

La relación paso diámetro: $H/D = 0,97$

- **Características finales del propulsor en la condición de navegación libre**

Diámetro de la hélice	D= 2,4 m
Altura del eje de inmersión	h = 2,5 m
Numero de palas	Z=5
Relación área/disco	$A_D/A_0 = 0,49$
Relación paso /diámetro	$H/D = 0,975$
Revoluciones del propulsor	n = 200 rpm
Rendimiento de la hélice	$\eta_p = 0,58$
Tipo de Propulsor	SPR 3000
Potencia	1500 KW
Peso	20 t
Revoluciones de entrada	n = 750 rpm

3.2.2. Hélice en Condición del Tiro

En la condición del tiro para un remolcador el objetivo del proyecto es el tiro requerido. Eso implica que para la selección del motor el diesel, el parámetro más importante es el empuje o tiro, y no la potencia efectiva o la velocidad del buque.

Las pruebas de tiro deben efectuarse en una zona que tenga la profundidad suficiente y aguas no estancadas. Los efectos de recirculación en la hélice requieren una extensión suficiente de agua porque en la condición de tiro la velocidad del avance del agua entrante sería cero. La recirculación del agua causa pérdidas o reducciones en el empuje de la hélice.

En la situación de tiro se debe elegir un punto de diseño a la potencia nominal (100% BHP) del motor diesel y a la RPM nominal.

El problema fundamental de este tipo de proyecto existe en que hay que dar la potencia total del motor a velocidades de avance bajas o casi nulas ($J=0$, $V_a \approx 0$), lo que significa que los valores B_p y δ salen muy grandes y se pueden salir de los márgenes, para hallar la relación área- disco. Entonces los $B_p - \delta$ no deben aplicarse en este caso.



La grafica siguiente sacada de un artículo 'Hélice y Diagrama de funcionamiento' en caso de remolcador, describe como la condición de tiro influye en la velocidad del buque.

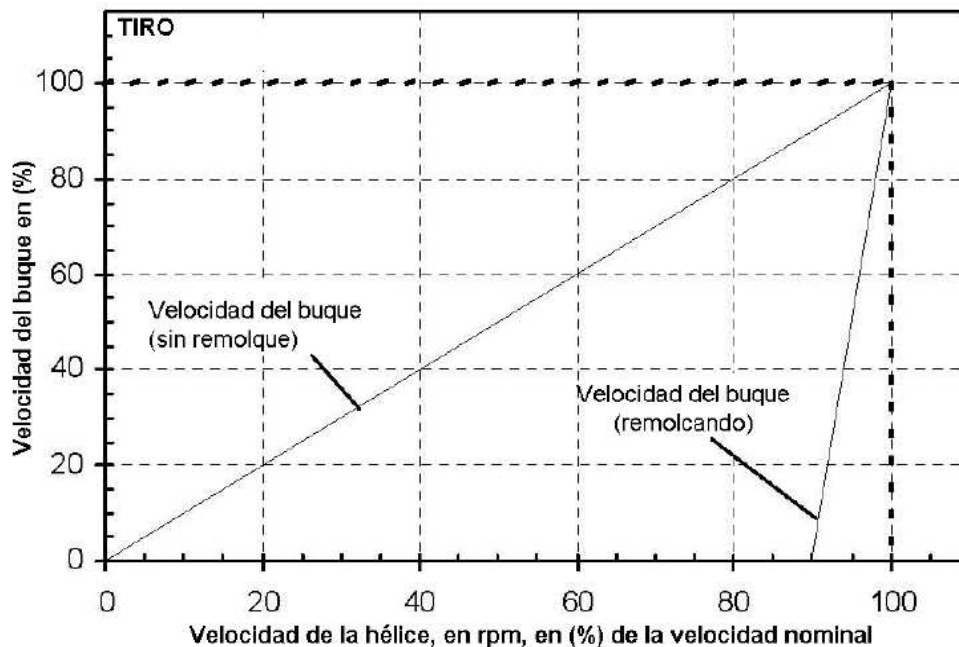


Fig. 49 Tiro: Efecto sobre la velocidad del buque

Según la observación de la curva:

- Para 100% de la velocidad del avance nos da 100% de los RPM nominales de la hélice sin remolque, son las revoluciones que se calculo en el caso de navegación libre, 200 rpm.
- En caso que el buque esta remolcando, velocidad del avance nula nos da una 90% de los RPM nominales, es decir:

$$\text{RPM} = 90\% \text{ RPM}_{\text{nominal}}$$

$$\text{RPM} = 180 \text{ rpm}$$

Determinando la relación área/disco mínima necesaria mediante el método de Keller:

$$A_D/A_0 = [(1,3 + 0,3 Z) \cdot T / (P_0 - P_V) \cdot D^2] + K$$

Probando con el propulsor SRP 4040 del diámetro máximo, D= 3,8 m

Inmersión del eje de propela, h: 3 m

Empuje se considera el tiro a punto fijo.



Numero de palas, $Z = 5$.

$K = 0,1$.

$$A_D/A_0 = 0,98$$

Para 5 palas, este valor es menor que el 1.05, lo que significa es aceptable desde el punto de vista de cavitación, sin embargo es más probable tener problemas de resistencia a fricción por proporcionar más superficie mojada, y tal vez afectara el rendimiento de la hélice que nos queda por determinar usando la serie B 5.105.

Se determina el coeficiente de empuje, K_T , de la siguiente manera:

$$K_T = T / (\rho \cdot n^2 \cdot D^4)$$

ρ : densidad del agua,

$$K_T = 0,306$$

Para buques de diámetro 3,8 m tienen aproximadamente de paso diámetro, $H/D = 1.1$ usando tobera tipo 19 A

Entrando Con los valores K_T y H/D en la serie B 5.105, sacamos el rendimiento de la hélice para una grado de avance nulo $J=0$.

$$\eta_0 = 0,63$$

$$\eta_p = 0,59$$

Según los datos técnicos de Schottel el propulsor timón-hélice elegido para el diámetro de 3,8 m es SRP 4040 con una potencia de 3450 kw y de 750 rpm.

- **Características finales del propulsor en la condición del tiro a punto fijo**

Diámetro de la hélice	D= 3,8 m
Altura del eje de inmersión	h = 3 m
Numero de palas	Z=5
Relación área/disco	$A_D/A_0 = 0,98$
Relación paso /diámetro	H/D = 1.1
Revoluciones del propulsor	n = 180 rpm
Rendimiento de la hélice	$\eta_p = 0,59$
Tipo de Propulsor	SPR 4040
Potencia	3450 KW
Peso	80 t
Revoluciones de entrada	n = 750 rpm



Para remolcadores se da la prioridad al caso del tiro en cuanto al diseño del propulsor. En los dos casos los rendimientos son iguales y casi tienen el mismo número de revoluciones, pero en cuanto a la potencia el propulsor SPR 4040 tiene como potencia efectiva 3450 kw que con el rendimiento propulsivo nos da una potencia mayor que nuestra potencia del tiro, esta hélice no es eficaz. En cambio en caso del propulsor SPR 3000 tiene una potencia efectiva de 1500 kw que puede suministrar nuestra potencia. Se considera este propulsor más eficaz incluyendo una reductora de 3,75:1.

4. Elección del motor

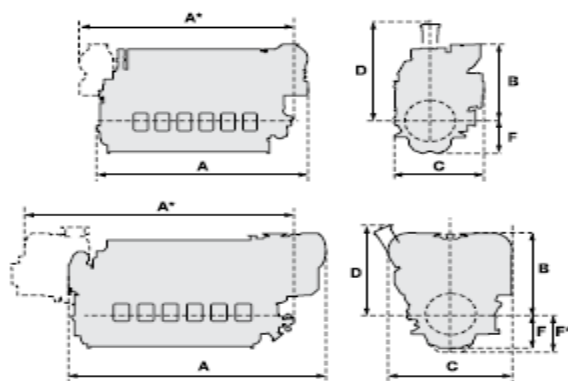
Nuestra potencia del tiro a punto fijo (60 t) es 3696 Kw. Según la tabla de los datos técnicos de motores Wärtsilä, elegimos 2 motores Wärtsilä 6L26 de 2040 Kw cada uno, con revoluciones 1000 rpm y por la diferencia de las revoluciones se necesita una reductora de 1.34:1. La potencia total satisface las dos operaciones de este tipo de barco (navegación, tiro a punto fijo).

Wärtsilä 26			IMO Tier II	
Cylinder bore	260 mm	Fuel specification: Fuel oil		
Piston stroke	320 mm	700 cSt/50°C	7200 sR1/100°F	
Cylinder output	340 kW/cyl	ISO 8217, category ISO-F-RMK 700		
Speed	1000 rpm	SFOC 184 g/kWh at ISO condition		
Mean effective pressure	24 bar			
Piston speed	10.7 m/s			

Rated power	
Engine type	kW
6L26	2 040
8L26	2 720
9L26	3 060
12V26	4 080
16V26	5 440

Dimensions (mm) and weights (tonnes)											
Engine type	A*	A	B*	B	C*	C	D	F dry sump	F wet sump	Weight dry sump	Weight wet sump
6L26	4 401	4 175	1 882	1 882	1 951	2 021	2 420	818	950	18.1	18.4
8L26	5 304	4 999	2 019	1 882	2 011	2 102	2 420	818	950	22.0	22.5
9L26	5 703	5 389	2 019	1 882	2 011	2 102	2 420	818	950	23.9	24.8
12V26	5 218	4 968	2 074	2 074	2 453	2 453	2 060	800	1 110	29.2	31.9
16V26	6 223	5 973	2 151	2 151	2 489	2 489	2 060	800	1 110	33.0	36.5

*Turbocharger at flywheel end.
For definitions see page 71.





5. Maniobrabilidad

Se trata del estudio de cualidad y el dimensionamiento de los elementos de maniobrabilidad:

- hélice tobera como timón.
- hélices transversales de proa.

5.1. Tobera

En condición de remolque por tiro a punto fijo a velocidades bajas, el empuje viene dado no solamente por la hélice sino también por la tobera, es más eficaz que una hélice convencional, en este caso se llama la tobera aceleradora. Se consigue mayor diferencia de presión entre las dos caras de la pala, lo que genera la sustentación y se consigue el mayor empuje. Pero a velocidades altas la tobera deja de ser eficaz, es mas aumenta la resistencia al avance.

El timón tobera consiste en una tobera de mayor longitud que las toberas convencionales. El comportamiento en maniobrabilidad del timón-hélice es excelente, puede disminuir los diámetros de giro del buque en un 20 – 30% frente a los timones convencionales.

De un artículo sobre patente invención de tobera, calculamos:

La longitud axial del perfil de la tobera está comprendida entre 0,4 D y 0,6 D, siendo D diámetro de la hélice, se toma un valor medio:

$$L = 0,5 D$$

$$L = 1200 \text{ mm}$$

El huelgo entre la tobera y la punta de la pala es de un 0.5%:

$$D_{\text{interior}} = 2400 + 2 \cdot 2400 \cdot 0.5\% = 2424 \text{ mm}$$

La diferencia entre el radio exterior de la tobera y el radio interior de la tobera está comprendida entre 0,050 D_{interior} y 0,076 D_{interior}, tomamos un valor medio del espesor 0,063 D_{interior}:

$$D_{\text{exterior}} = D_{\text{interior}} + 2 \cdot 0,063 D_{\text{interior}}$$

$$D_{\text{exterior}} = 2729 \text{ mm}$$



5.2. Hélice Transversal

Elegimos el Propulsor transversal tipo STT Schottel, es Indispensable para maniobrar y para un posicionamiento dinámico.

Se instalan dos propulsores transversales en la proa uno a cada banda con el fin de mejorar la maniobrabilidad del buque. Dependiendo del tipo de buque y el rango de aplicación para los propulsores transversales, se extiende desde un uso breve y para atracar o desatracar en los puertos con un número limitado de horas de trabajo al año, hasta un funcionamiento continuo en condiciones extremas de carga y en demandas exigentes en alta mar con posicionamiento dinámico. Cuando se utilizan las hélices de paso fijo, los motores eléctricos e hidráulicos permiten que se invierta el sentido del empuje. Se requiere una caja de cambios inversora adicional si la hélice está propulsada por un motor diésel. Los tipos de hélice transversal STT 1 a 5 están disponibles con paso fijo o con paso variable.

Ventajas:

- Para las condiciones extremas de trabajo, por ejemplo, en el sector Off-shore
- Para servicio continuo y de tiempo limitado.
- Baja emisión de ruido
- Disponible con las hélices de paso variables o fijas
- Diseño compacto dada la disposición horizontal, vertical o inclinada de la brida de entrada de fuerza
- Combinable con motores diésel, hidráulica o eléctrica

Technical Data

Type	P max. DP [kW]	P max. [kW]	Input Speed [rpm]	Freq. [Hz]	Gear Reduction	Tunnel ø [mm]	Propeller ø [mm]	Tunnel wall thickness [mm]	Tunnel length [mm]	Weight [kg] **
STT 1		600	1470 1770	50 60	3.07 3.62	1315	1290	20	1700	3500
STT 2		850	1470 1770	50 60	3.73 4.27	1580	1540	20	2000	4600
STT 3		1100	1470 1770	50 60	4.08 4.77	1780	1740	20	2100	6500
STT 4		1400	1170 980	60 50	4.27 3.53	2030	1990	25	2280	9500
STT 5*		1800	980 1180	50 60	3.92 4.73	2280	2240	25	2800	12100
STT 6*		2400	980 880	50 60	4.64 4.15	2630	2590	30	3250	18600



De los datos técnicos elegimos:

- Propulsor paso variable: STT 3
- Potencia: 1100 Kw
- Revolución: 1470 rpm
- Diámetro: 1,74 m
- Peso: 6500 kg
- Diámetro del túnel: 1,78 m



6. Referencias

- Apuntes de introducción a los propulsión de buque. Antonio Baquero Mayor
- Apuntes de maniobrabilidad del buque. Antonio Baquero Mayor
- www.Schottel.de
- Artículo sobre "Hélice y diagrama de funcionamiento"
- Product Guide WARTSILA 26
- Artículo sobre resultados obtenidos en arrastreros con hélices en tobera. JOSE F.NUNEZ BAZANEZ



Cuaderno 06:

Planta propulsora y cámara de máquinas (CM)

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun
Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Planta propulsora.....	3
2.1 Elección de Motor.....	3
2.2 Líneas de Eje.....	7
3. Planta eléctrica.....	8
4. Servicios Auxiliares	9
4.1 Servicio de combustible	10
4.2 Servicio de lubricación.....	11
4.2.1.1 Aceite de lubricación.....	11
4.2.1.2 Aceite hidráulico.....	13
4.3 Servicio de Refrigeración.....	13
4.3.1.1 Circuito de Agua dulce.....	14
4.3.1.2 Circuito de agua salada, Bomba de agua salada.....	17
4.4 Servicio de aire comprimido.....	18
4.4.1.1 Botella de aire comprimido.....	19
4.4.1.2 Compresor de Aire comprimido.....	21
4.5 Servicio de ventilación.....	21
4.6 Servicio de Exhaustación de gases.....	24
5. Servicios generales	27
5.1 Sistema de sentinas	27
5.2 Sistema de lastre.....	29
5.3 Sistema de contraincendios.....	30
6. Servicios sanitarios	31
6.1 Sistema de Agua dulce.....	31
6.1.1.1 Sistemas de Aguas residuales	33
7. Referencias	35

Esquemas



1. Introducción

En este cuaderno se diseñará la Cámara de Máquinas de nuestro buque, incluyendo tanto el equipo propulsor como los elementos auxiliares, para ello deberemos consultar en todo momento la normativa a la que por especificación estamos sujetos Bureau Veritas. Al final del cuadernos adjuntamos los circuitos de los servicios más relevantes de cámara de maquinas.



2. Planta propulsora

2.1 Elección del Motor

La potencia estimada en el cuaderno 5 es el primer criterio para dimensionar la planta propulsora. Cuando el buque está remolcando, cambia la curva de potencia - velocidad del buque, y por tanto la curva de potencia- rpm de la hélice, por ello las curvas representadas en la figura siguiente para la hélice son distintas en el buque remolcando que las curvas del buque en aguas libres. El tiro obtenido debe ser calculado para la máxima potencia del motor, con un cierto margen respecto a la curva de par.

Como se ha mencionado cuando el buque navega en aguas libres, la curva del potencia-rpm de la hélice debe ser distinta y hay que comprobar si el motor da la potencia necesaria para dar la velocidad.

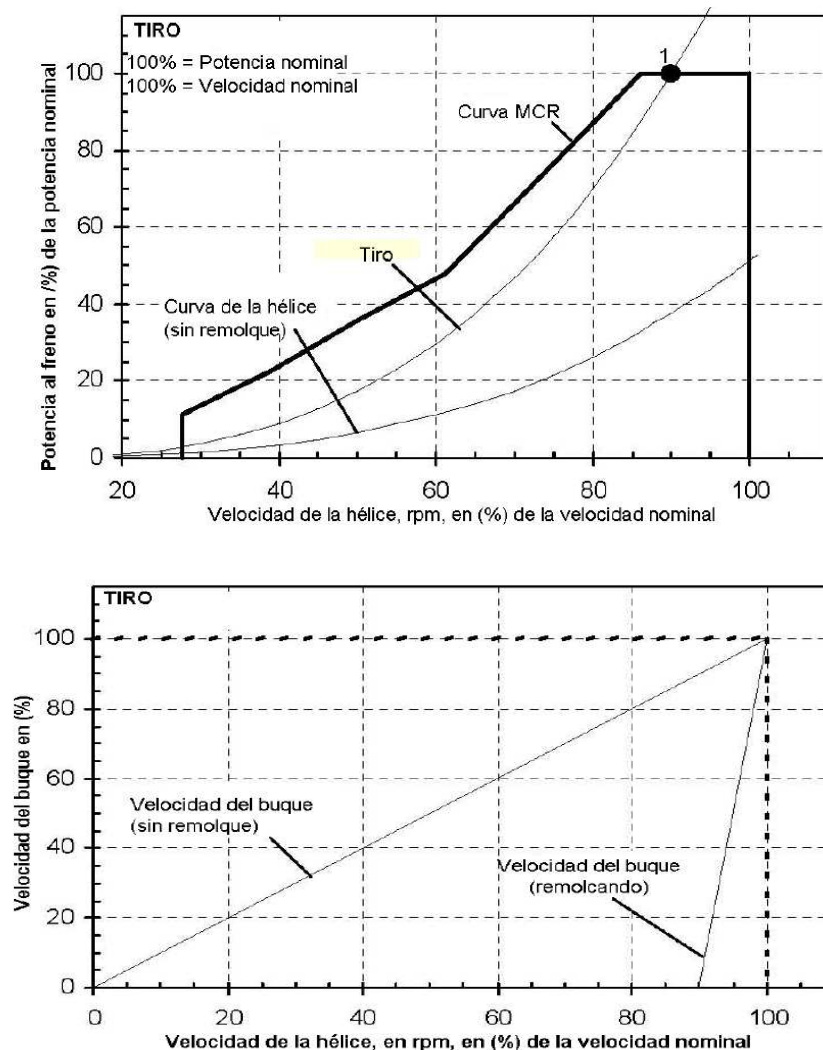


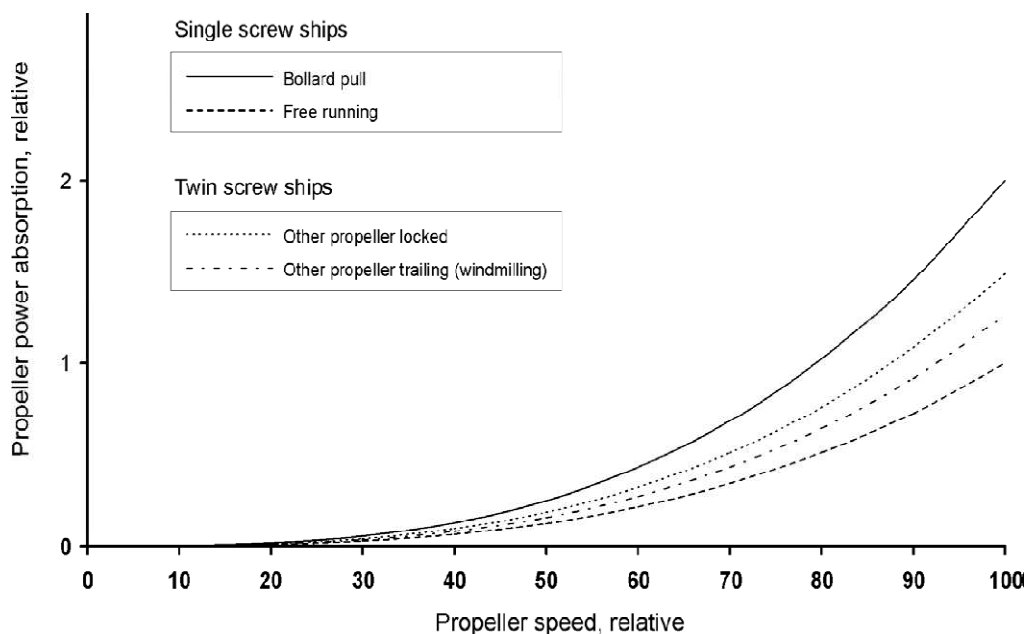
Fig. 49 Tiro: Efecto sobre la velocidad del buque



Otros criterios para la elección el motor son:

- Menor peso y Menor empacho
- Consumo específico, calidad de combustible (ojo emisiones)
- Grado de mantenimiento del Motor
- Apropiado para propulsión con dos ejes
- División de potencia o varios regímenes de potencia
- Llevan reductor por lo que las rpm de las hélices son independientes de las rpm del motor, No lleva la chumacera de empuje por ser integrada normalmente en el reductor.

Para remolcadores de dos líneas de eje es más conveniente tener dos hélices de paso variable, para evitar el problema que si una de ellas se bloquea o el motor de propulsión falla, la hélice que sigue en funcionamiento, absorbe la potencia y hace sobrecargarse el motor que la acciona.



A continuación se hará una comparación entre motores seleccionados de catálogos comerciales que están dentro del mismo rango de potencia:

Motor	Potencia (kw)	RPM	Peso(t)
MAK 6M25C	2000	750	23.5
Rolls-Royce C 25:33L6P	2000	1000	19.65
MAN 6L27/ 38	2040	800	30
YANMAR 8EY26W	2060	750	24.5
Wartsila 6L26	2040	1000	18.1



Detrás de la búsqueda de los motores comerciales y al descartar a los más pesados, nos queda dos opciones motor "Rolls-Royce C 25:33L6 P" y el motor "Wartsila 6L26", los dos tienen las mismas revoluciones 1000 RPM pero en cuanto a la potencia el motor 'Rolls-Royce C 25:33L6 P' no proporciona suficientemente, lo que nos lleva a elegir el motor "**Wartsila 6L26**".

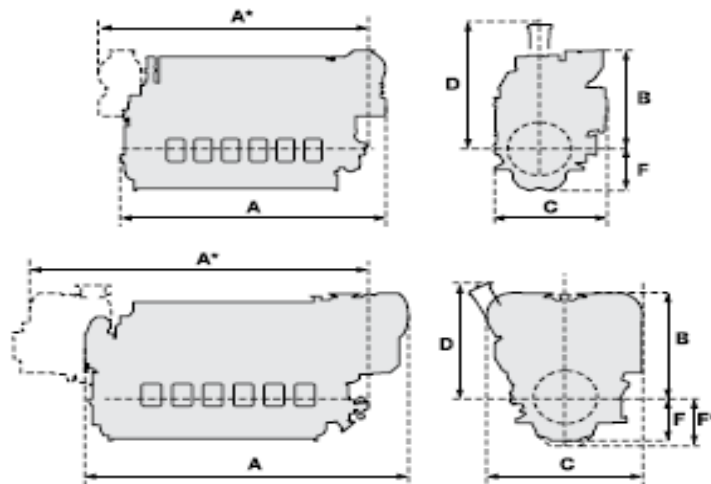
La especificación del motor elegido y del tipo del combustible:

Wärtsilä 26			IMO Tier II
Cylinder bore	260 mm	Fuel specification: Fuel oil	
Piston stroke	320 mm	700 cSt/50°C	7200 sR1/100°F
Cylinder output	340 kW/cyl	ISO 8217, category ISO-F-RMK 700	
Speed	1000 rpm	SFOC 184 g/kWh at ISO condition	
Mean effective pressure	24 bar		
Piston speed	10.7 m/s		

Rated power	
Engine type	kW
6L26	2 040
8L26	2 720
9L26	3 060
12V26	4 080
16V26	5 440

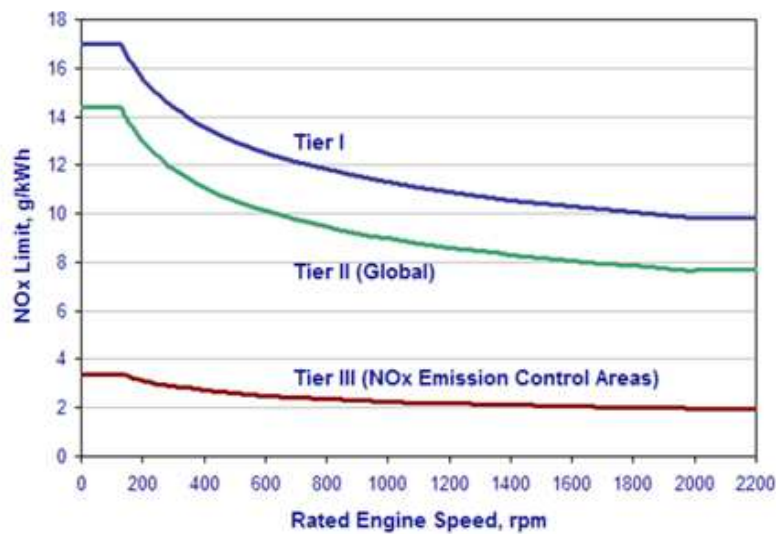
Dimensions (mm) and weights (tonnes)											
Engine type	A*	A	B*	B	C*	C	D	F dry sump	F wet sump	Weight dry sump	Weight wet sump
6L26	4 401	4 175	1 882	1 882	1 951	2 021	2 420	818	950	18.1	18.4
8L26	5 304	4 999	2 019	1 882	2 011	2 102	2 420	818	950	22.0	22.5
9L26	5 703	5 389	2 019	1 882	2 011	2 102	2 420	818	950	23.9	24.8
12V26	5 218	4 968	2 074	2 074	2 453	2 453	2 060	800	1 110	29.2	31.9
16V26	6 223	5 973	2 151	2 151	2 489	2 489	2 060	800	1 110	33.0	36.5

*Turbocharger at flywheel end.
For definitions see page 71.





Norma estándar OMI Tier II de emisiones de NO_x aplicada en 01.01.2011 para buques nuevos a nivel mundial sobre los nuevos motores diesel de potencia mayor de 130 Kw.



El límite por OMI Tier II de emisión NO_x se define de la siguiente manera:

$$\text{NO}_x [\text{g} / \text{kWh}] = 44 \times \text{rpm}^{-0.23} \quad \text{cuando } 130 < \text{rpm} < 2000$$

$$\text{NO}_x = 9 \text{ g} / \text{kWh}$$

El combustible es de consumo específico de 184 gr/Kw·h y una densidad 850 kg /m³.

Después del análisis del propulsor en las dos condiciones (tiro a punto fijo y navegación) en el cuaderno de predicción de potencia, hemos elegido el propulsor azimutal de la casa Schottel con las siguientes características:

Diámetro de la hélice	D= 2,4 m
Altura del eje de inmersión	h = 2,5 m
Numero de palas	Z=5
Relación área/disco	A _D /A ₀ = 0,49
Relación paso /diámetro	H/D = 0,975
Revoluciones del propulsor	n = 200 rpm
Rendimiento de la hélice	η _p = 0,58
Tipo de Propulsor	SPR 3000
Potencia	1500 KW
Peso	20 t
Revoluciones de entrada	n = 750 rpm

Como se observa que las revoluciones del motor (1000 rpm) y del propulsor (750 rpm) son distintas, es conveniente instalar una reductora de relación de reducción 1.34:1.



2.2 Líneas de Eje

El eje del motor va directamente conectado al motor por intermedio de un acoplamiento del tipo rígido y en su parte posterior va conectado normalmente al eje intermedio o de transmisión, entre la hélice y el eje intermedio va conectado el eje de cola.

En los reglamentos de BV apartado (Pt C, Ch 1, Sec 7 [2.2.3]) viene la fórmula para determinar el diámetro mínimo del eje intermedio y eje de cola:

$$d = F \cdot k \cdot \left[\frac{P}{n \cdot (1 - Q^4)} \cdot \frac{560}{R_m + 160} \right]^{1/3}$$

Donde:

Q : cociente de Diámetro real del orificio del eje entre el diámetro exterior, como valor mínimo 0.4.

F: factor depende del tipo de instalación de propulsión.

k: Factor depende del tipo de conexión del eje:

Table 2 : Values of factor k

For intermediate shafts with						For thrust shafts external to engines		propeller shafts		
straight sections and integral coupling flange (1)	shrink fit coupling (2)	keyway, tapered connection (3) (4)	keyway, cylindrical connection (3) (4)	radial hole (5)	longitudinal slots (6)	on both sides of thrust collar (1)	in way of bearing when a roller bearing is used	flange mounted or keyless taper fitted propellers (7)	key fitted propellers (7)	between forward end of aft most bearing and forward stern tube seal
1,00	1,00	1,10	1,10	1,10	1,20	1,10	1,10	1,22	1,26	1,15

n: Velocidad de rotación del eje en rpm, 174 rpm.

P: Potencia en el eje, 1649 kw.

R_m: Carga mínima de rotura, 600 N /mm².



Diámetro del eje intermedio:

- $k=1$
- $F= 95$

$$d = 183 \text{ mm}$$

Diámetro del eje cola:

- $k= 1.1$
- $F= 100$

$$d = 212 \text{ mm}$$

3. Planta eléctrica

La planta eléctrica dispone de dos generados de diesel en la cámara de maquinas y un generador de emergencia en la cubierta de bote.

Los generados diesel se acoplan a los dos motores diesel para convertir la energía mecánica a energía eléctrica necesaria para los servicios a la hora de navegación o cuando desempeña las misiones especiales.

El generador de emergencia esta dimensionado para atender los servicios del buque en el puerto o en caso de averías de la planta propulsora.

De acuerdo con el balance eléctrico se ha elegido dos grupos de generador principal tipo GUASCOR F180TB-SG 1500 rpm de 240 Kw con la siguiente especificación:

- Cilindro modelo: 6L
- Cilindrada: 17.96 l
- Tensión – Frecuencia: 230/400V – 50 Hz
- Dimensiones: 3257 x 1006 x 1077 mm
- Peso: 3580 kg

Para el generador de emergencia se ha seleccionado PERKINS 4.4 TGM de 1500 rpm con potencia de 56.4 Kw:

- Numero de cilindros: 4 en línea
- Dimensión del cilindro: 105 mm x127 mm
- Ciclo : 4 carreras
- Aspiración: Turboalimentado
- Sistema de combustión: Inyección directa



- Relación de compresión: 19.3:1
- Cilindrada : 4.4 l
- Válvulas por cilindro : 2
- Dirección de rotación: Anti Las agujas del reloj visto desde el volante
- Orden de encendido: 1, 3, 4, 2
- Dimensiones: 884 x 688 x 920 mm
- Peso total: 505 kg

4. Servicios Auxiliares

Se hará un análisis detallado sobre todos los servicios dentro de la cámara de máquinas. Estos son:

- Servicio de Combustible
- Servicio de Lubricación
- Servicio de Aire Comprimido para el arranque de motores
- Servicio de Ventilación y extracción
- Servicio de Refrigeración. Agua Salada
- Servicio de Refrigeración. Agua Dulce

Para el cálculo de la potencia requerida por las bombas de distintos servicios, se utiliza las siguientes relaciones:

Potencia hidráulica:

$$P_H = Q \cdot p \cdot \rho$$

Potencia requerida:

$$P_R = P_H / \eta_m \cdot \eta_e$$

Siendo:

Q, caudal de la bomba

p, presión de la bomba

η_m , rendimiento de la bomba

η_e , rendimiento eléctrico



4.1 Servicio de Combustible

El servicio de combustible consta de diversos circuitos y elementos con el fin de que llegue el combustible al motor en condiciones favorables, estos elementos son los siguientes:

- Toma de combustible en cubierta
- Tanques almacén
- Tanques de servicio diario
- Tanque de reboses
- Tanques de lodos
- Bomba de trasiego
- Bomba de reserva de alimentación de motores principales
- Separadoras
- Filtros
- Tubería, válvulas y reguladores de presión

El combustible pasa a través de dos tuberías iguales de dos tomas en la cubierta, una en cada costado del buque, que van a desembocar a donde pasan por un filtro. Estas tuberías están conectadas con el piano de válvulas que será el encargado de distribuir el combustible por los diferentes tanques de gasoil del buque.

Por el piano de válvulas se envía el combustible al tanque del almacén, y mediante la bomba de trasiego pasa al tanque del consumo diario. Los dos tanques de servicio diario, situados uno a cada banda, están unidos mediante una tubería para intercambiar el combustible de un tanque al otro.

Se estima la capacidad de la bomba de trasiego, partiendo del volumen de los dos tanques de consumo diario que deben llenar la bomba en un tiempo de 3 horas:

$$Q_{\text{trasiego}} = V / t = 28.7 / 3$$

$$Q = 9.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siendo

V: volumen total del consumo diario

Se instala una bomba manual de emergencia de 1 m³/h y 2 bares de presión

Debido a que el combustible puede llevar sedimentos mezclados, del tanque de almacenamiento será llevado a un tanque de sedimentación, donde se dejara reposar por gravedad, los sedimentos se irán al fondo del tanque pudiendo separar del combustible.

Una vez eliminados los sedimentos, el combustible tiene que pasar por un filtro final aun puede ser que el combustible lleve mezclado agua, que es un inconveniente porque a la hora de quemar el combustible en la cámara de combustión, el agua es un fluido no compresible, hace aumentar la presión en la cámara.



Para eliminar el agua, el combustible saliente de tanque de sedimentación, se hará pasar por una centrifugadora donde se eliminara toda el agua. Una vez eliminada el agua, el combustible se lleva a los tanques de servicio diario. La capacidad de la bomba centrifugadora es de tratar de centrifugar el tanque de sedimentación en un tiempo de 3 horas:

$$Q_{\text{centrifuga}} = V / t = 6.3 / 3$$

$$Q_{\text{centrifuga}} = 2.1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siendo

V: volumen del tanque del sedimentación

De los tanques de servicio diario, se impulsa el combustible mediante una bomba booster de baja (2 - 2.5 bar) al colector para que vaya consumiendo el motor. Del colector, mediante las bombas booster de alta (6-7 bar), se manda el combustible a la bomba de inyección del motor principal (150 – 350 bar). Entre la bomba booster de alta y la bomba de inyección del motor, se pone un calentador que calienta el combustible hasta 150 grados, rebajando su viscosidad.

El combustible que no es quemado, vuelve por el circuito de retorno y se manda al colector de retorno. El motivo de mandar mas combustible de la cuenta todo el rato a los inyectores es para evitar que la bomba trabaje en vacio. Lo que surge de instalar un tanque de reboses para las perdidas en bombas, este comunica con los de servicios diarios mediante la bomba de trasiego.

4.2 Servicio de Lubricación

4.2.1 Aceite de Lubricación

EL aceite sirve para lubricación en motores diesel (motores principal y motores auxiliares), turbinas de vapor y gas, reductores, embragues y hélices de paso variable. También se aplica a los sistemas de aceite independientes destinados a la refrigeración de los pistones del motor.

Según los reglamentos de BV, es necesario un sistema de lubricación de emergencia, tal como un sistema de gravedad, que proporciona y garantiza una lubricación suficiente del equipo que pueda ser dañado debido a un fallo de la alimentación de la bomba.

Como elegimos la lubricación forzada, El cárter húmedo utiliza como depósito el propio cárter de aceite del motor. El aceite que gotea por gravedad de las superficies



lubricadas es recogido en su caída en el cárter, donde se enfría antes de ser aspirado nuevamente por la bomba.

En el circuito de lubricación, el aceite aspirado desde el cárter por la bomba, es enviado a presión al circuito siendo filtrado previamente, llegando al conducto principal en el bloque, y desde éste distribuyéndose a los soportes de apoyo del cigüeñal en el bloque (bancada), pulverizadores de aceite (si están previstos), árbol de levas cuando está montado en el bloque, órganos auxiliares (turbocompresor, tensor hidráulico de cadena o correa distribución, variador de fase, árboles contrarrotantes, depresor, etc.) y a la culata.

El motor si lleva instalado un intercambiador de calor para el lubricante, el sentido de circulación de aceite es el siguiente: Aspiración, bomba, filtro, radiador o intercambiador y conducto principal.

Al llevar el aceite del tanque de almacén al cárter se necesita una bomba de trasiego, que tarda en esa operación una hora. La capacidad requerida de la bomba seria:

$$Q_{\text{trasiego}} = V / t = 6.3 / 1$$

$$Q_{\text{trasiego}} = 6.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siendo:

V: volumen del tanque del aceite

El tipo de la bomba que podemos instalar es una de engranajes con dientes externos. Está constituida por dos piñones idénticos engranados entre sí. Los dientes pueden ser rectos o helicoidales, siendo esta última solución de funcionamiento más silencioso.

El aceite sucio se aspira de la parte inferior del cárter y se manda a la separadora para limpiarle y vuelve a introducir en el cárter por la parte superior. La capacidad de la separadora de en el tratamiento del aceite sucio en dos horas es:

$$Q_{\text{separadora}} = V / t = 4 / 2$$

$$Q_{\text{separadora}} = 2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

V: volumen del tanque del aceite sucio

Se puede lubricar los aros de los cilindros con el aceite recirculado. Este será impulsado a través de la bomba y filtrado y precalentado a través del precalentador.



En cuanto al filtro, es el encargado de retener las impurezas (superior a 0.005 mm) contenidas en el aceite lubricante, la finura de la malla de filtro es para cumplir con la requisitos de los motores o turbinas fabricantes. Está provisto de una válvula de seguridad para garantizar el paso de aceite al circuito de lubricación en caso de obstrucción del papel filtrante, y además puede incorporar una segunda válvula anti-descarga para evitar que se vacíe el circuito con motor parado, consiguiendo que en el próximo arranque llegue aceite instantáneamente a los órganos del motor que lo necesiten.

4.2.2 Aceite Hidráulico

El servicio hidráulico para este tipo de buque es esencial debido a que los equipos y las tareas que dispone necesitan accionarse mediante una unidad hidráulica, los equipos más importantes son:

- Hélice transversal de proa para la Maniobra
- Grúa, pescante
- Maquinilla de remolque
- Monitores

En general, la unidad de potencia hidráulica debe ubicarse en espacios fuera de la cámara de maquinas, por lo que contiene equipos que pueden ser fuentes de ignición, por eso es mas conveniente que se instala en la cubierta. Esa unidad dispone de un tanque de servicio para el retorno del sistema, bomba de aspiración y un regulador de presión.

Los tanques de servicio destinados a instalaciones de energía hidráulica, disponen de:

- Un indicador del nivel
- Un indicador de temperatura
- Un interruptor de nivel

La capacidad del tanque de aceite hidráulico se ha estimado en el cuaderno 4 y es de 3.2 m³

Cuando los filtros se montan en el lado de descarga de la bomba hidráulica, es necesaria una válvula de alivio que conduce de nuevo a la succión.

4.3 Servicio de Refrigeración

Está formado por dos circuitos uno de agua salada que actúa como refrigerante indirecto para enfriar el circuito de agua dulce que es un circuito cerrado que actúa como refrigerante directo en todos los equipos.



Los consumidores habituales en un buque son:

- Motores propulsores, reductora.
- Grupos generadores
- Compresores de frío
- Compresores de aire comprimido
- Unidades hidráulicas de potencia.
- Equipos eléctricos
- Enfriadores

4.3.1 Circuito de Agua dulce

El agua dulce se utiliza como refrigerante directo para los equipos a bordo. Se dispone un circuito cerrado de refrigeración que suministra agua dulce a lo largo de todo el buque para refrigerar los equipos que lo requieran.

El sistema dispondrá de los siguientes equipos:

- Intercambiador de AD/AS centralizada. Enfriador de tipo placas.
- Bomba de agua dulce centralizada
- Tanque de expansión

Todos los equipos incluidos en el circuito dispondrán de válvulas en la entrada y salida de agua dulce de modo que puedan aislarse del resto del circuito. Se dispondrán también termómetros en cada línea a los equipos para control local de la temperatura del agua.

A la salida de los intercambiadores se suele disponer una válvula termostática que controla la temperatura del agua dulce de modo que si es demasiado elevada se vuelve a recircular a los intercambiadores para bajar su temperatura.

- **Dimensionamiento del circuito de refrigeración centralizado, Enfriadores**

Los enfriadores, son de placas que se dimensionarán de acuerdo con las necesidades de refrigeración de los motores, así como de la reductora y varios elementos (compresores, aire acondicionado, etc.).

Se debe realizar un balance térmico de todos los consumidores del circuito, es decir la cantidad de calor a disipar en el circuito. Se necesita para el dimensionamiento del enfriador determinar el balance energético mediante la fórmula siguiente:

$$H = m \cdot C_e \cdot (T_{\text{salida}} - T_{\text{entrada}})$$

$$H = Q \cdot \rho \cdot C_e (T_{\text{salida}} - T_{\text{entrada}})$$



Siendo

H: Calor intercambiado (kw)

Q: Flujo de fluido (m^3/h)

ρ :Densidad del fluido (kg/m^3)

C_e : Calor específico del fluido:

- Para agua salada es 3950 ($\text{J}/\text{kg}\cdot^\circ\text{K}$)
- Para agua dulce es 4180 ($\text{J}/\text{kg}\cdot^\circ\text{K}$)

T: temperatura

Los parámetros se sacan de los datos facilitados por la categoría del producto dada por el fabricante del motor Wartsila 6L26:

Wärtsilä 6L26		AE/DE IMO Tier 2
Cylinder output	kW/cyl	340
Engine speed	rpm	1000
High temperature cooling water system		
Pressure at engine, after pump, nom. (PT401)	kPa	350 + static
Pressure at engine, after pump, max. (PT401)	kPa	500
Temperature before cylinders, approx. (TE401)	$^\circ\text{C}$	81
HT-water out from the engine, nom (TE402)	$^\circ\text{C}$	91
Capacity of engine driven pump, nom.	m^3/h	35
Pressure drop over engine	kPa	210
Pressure drop in external system, max	kPa	60
Pressure from expansion tank	kPa	70...150
Water volume in engine	m^3	0.3
Low temperature cooling water system		
Pressure at engine, after pump, nom. (PT471)	kPa	280 + static
Pressure at engine, after pump, max. (PT471)	kPa	500
Temperature before engine (TE471)	$^\circ\text{C}$	25...38
Capacity of engine driven pump, nom.	m^3/h	47
Pressure drop in external system, max.	kPa	60
Pressure drop over charge air cooler	kPa	50
Pressure drop over oil cooler	kPa	16
Pressure from expansion tank	kPa	70...150
Capacity engine driven seawater pump, max.	m^3/h	80



Para la refrigeración de los motores principales y motores auxiliares se trata de un circuito de alta temperatura y otro de baja temperatura. El primero es donde la temperatura del refrigerante puede subir hasta 70-90°C, ya que en los elementos a refrigerar las temperaturas que se alcanzan son muy elevadas como refrigerar los cilindros.

El segundo circuito es para los elementos del motor diesel como precalentador y aceite, donde las temperaturas no son muy elevadas (35-65°C) se refrigeran mediante el circuito de baja temperatura, lo que permite utilizar agua salada como refrigerante directo.

Circuito	T salida	T entrada	Q (m ³ /h)	H (kW)
Circuito BT	38	32	47	317

El calor a disipar viene dado según el fabricante del motor, repartido de la siguiente forma:

- Agua de las camisas del cilindro: 356 kW
- Aceite de lubricación: 301 kW
- Aire de carga: 751 kW
- Radiación : 96 kW

En total el calor disipado es 1504 kW

El balance energético total es para los dos motores principales y sus elementos:

$$H = 2 \cdot 1504 + 2 \cdot 317$$

$$H = 3642 \text{ kW}$$

Caudal total del agua:

$$Q = H / [(T_e - T_s) \cdot C_{e_{as}} \cdot \rho_{as}]$$

$$Q = 540 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Bomba de agua dulce centralizada**

Garantiza una adecuada circulación del agua hasta los elementos a refrigerar. Dependiendo de la distancia a los equipos más alejados puede ser necesario disponer bombas adicionales que impulsen el agua de refrigeración hasta los locales más alejados.



Teniendo en cuenta la densidad y calor específico del agua dulce y tomando un salto térmico de 10 a 15°C en los intercambiadores de placas se calcula la cantidad de agua dulce necesaria para absorber el calor disipado por los equipos. Se dimensionara con un margen de seguridad del 5%:

$$Q_{ad} = \frac{H}{(T_{ent} - T_{sal}) C_{e_{ad}} \rho_{ad}} \frac{m^3}{h}$$

$$Q_{ad} = 59 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se instala dos bombas de agua dulce una para cada motor. También se dispone de dos bombas de reserva con la misma capacidad.

- **Intercambiador de AD/AS centralizada**

Se utilizan intercambiadores de placa debido a su mayor eficacia y menores pérdidas de carga. Se dimensionara para ser capaz de disipar el calor calculado en el balance térmico de los equipos incluidos en el circuito.

$$P_{ad} = H / 860$$

$$P_{ad} = 4.2 \text{ kW}$$

H = Calor a disipar (kcal/h)

Al igual que el resto de los equipos del sistema en el cálculo se tendrá en cuenta un margen del 5% en su capacidad.

- **Tanque de expansión**

Este situado por encima de la parte más alta del circuito debe cumplir con las mismas misiones que en el caso del sistema de refrigeración individual de los motores:

- Mantener la presión en el circuito
- Rellenar el circuito de agua
- Permite la liberación de aire o vapor del circuito.

4.3.2 Circuito centralizado de agua salada, Bomba de agua salada

El circuito toma el agua salada del colector de tomas de mar y mediante las bombas de agua salada lo circula a través de los intercambiadores de placas donde absorbe el calor del circuito de agua dulce, a la salida de los intercambiadores en función de su temperatura puede recircularse para mezclarse con el agua del mar y volver a



utilizarse como agente refrigerante o descargarla al mar si su temperatura es demasiado elevada para poder refrigerar el agua dulce. El sistema estará compuesto por:

- Colector de tomas de mar.
- Bomba de agua salada centralizada.
- Intercambiador de AD/AS centralizada.
- Válvula termostática de circulación
- Descarga al mar.

Se instala dos bombas cada una de capacidad de 200 m³/h, y otras dos bombas de reserva para motores principales y auxiliares de capacidad de 80 m³/h.

4.4 Servicio de Aire Comprimido

El sistema suministrara aire comprimido para el arranque de los motores diesel a bordo. Se dispone de un circuito común que se encarga de introducir el aire en los cilindros por ambas caras, y de forma alternativa para conseguir el movimiento inicial, y para vencer la inercia antes de producir la primera explosión en el motor. En caso del generador de emergencia se usa otros medios de arranque.

Se usa el aire comprimido a alta presión, generalmente a una presión de 30 bares y con capacidad de generación y almacenaje para realizar las arrancadas suficientes de los motores a bordo tanto propulsores como generadores.

Aparte del servicio de arranque, el sistema de aire comprimido se usa para alimentar a una presión de 8 bares otros servicios como los servicios generales que se representan en siguientes consumidores:

- Soplado de las tomas de mar
- Alimentación de motores o pistones neumáticos.
- Limpieza de filtros
- Conexiones de manguera de tipo roscado con una válvula de aislamiento
- Relleno de los tanques presurizados (tanques hidróforos, presurización CI)

En cuanto al servicio de instrumentación y control, el sistema de aire comprimido suministra a una presión de 8 bares a los consumidores siguientes:

- Control de equipos
- Accionamiento de válvulas (válvulas de control remoto con accionamiento neumático y válvulas de cierre rápido del sistema de combustible)
- Accionamiento de cierre de conductos de ventilación.



4.4.1 Botella de aire comprimido

Según los reglamentos de BV en el apartado (Pt C, Ch 1, Sec 10 [17.3.3]) viene determinado el número y capacidad de las botellas:

Se dispondrán como mínimo dos botellas de aire de arranque, se instalan de igual capacidad y capaces de ser utilizadas independientemente. La capacidad total de las botellas de aire es suficiente para proporcionar sin reposición del número de arrancadas requeridas.

El número de arrancadas es en función del tipo de propulsión y los motores instalados, como son dos motores con una reductora serán 6 arrancadas en total.

En cuanto al consumo de aire comprimido por arrancada viene dado por el suministrador de los motores:

Starting air system (Note 6)		
Pressure, nom.	kPa	3000
Pressure, max.	kPa	3300
Low pressure limit in air vessels	kPa	1800
Starting air consumption, start (successful)	Nm ³	1.4

Según la tabla el consumo de aire comprimido para cada arrancada es:

$$V_{arr} = 1.4 \text{ Nm}^3$$

Volumen de aire de arranque total, que debe disponerse almacenado a bordo será igual a:

$$V = 2 \cdot V_{arr} \cdot N$$

N: numero de arrancadas, 6.

$$V = 16.8 \text{ Nm}^3$$

Se estimara la botella considerando que la presión en su interior oscila entre los 30 bares y los 15 bares, por debajo de esa presión el sistema no funciona y es necesario arrancar los compresores y recargar las botellas. Sabiendo que el volumen total de aire comprimido se llena dos botellas, entonces para calcular el volumen de la botella hay que dividir el volumen total entre número de botellas:

$$V_{bot} = 0.5 \cdot V / (P_{max} - P_{min})$$



Siendo:

P max = Presión máxima en el interior de la botella = 30 bar

P min = Presión mínima en el interior de la botella = 15 bar

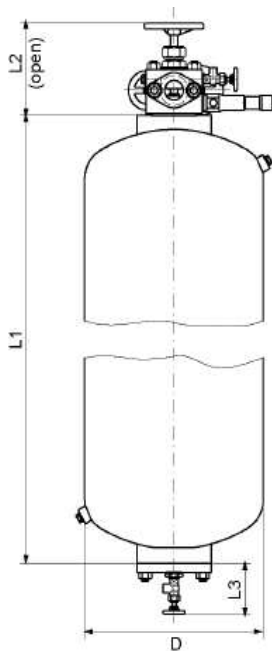
$$V_{bot} = 0.5 \cdot 16.8 / (30 - 15)$$

$$V_{bot} = 0.56 \text{ m}^3$$

Una botella de aire comprimido dispone de los equipos siguientes:

- Cilindro
- Conexión de llenado y vaciado
- Válvula de seguridad.
- Manómetro.
- Purga

En los datos que ofrece el fabricante del motor viene las dimensiones estándar de las botellas:



Size [Litres]	Dimensions [mm]				Weight [kg]
	L1	L2 ¹⁾	L3 ¹⁾	D	
125	1807	243	110	324	170
180	1217	243	110	480	200
250	1767	243	110	480	274
500	3204	243	133	480	450
710	2740	255	133	650	625
1000	3560	255	133	650	810

¹⁾ Dimensions are approximate.

Como el volumen estimado de la botella es de 560 l, fijando en la tabla se puede elegir entre una de volumen de 500 l y otra de 710 l, sin embargo la primera botella tiene una capacidad insuficiente, entonces se ha de considerar la botella de 710 l de un peso de 625 kg y longitud total será de 3128 mm y de diámetro 650 mm.



4.4.2 Compresor de Aire comprimido

Según los reglamentos de BV en el apartado (Pt C, Ch 1, Sec 10 [17.3.2]) viene determinado el número y capacidad de los compresores:

El sistema Requiere dos compresores con una capacidad total suficiente para suministrar dentro de una hora la cantidad de aire necesaria en las dos botellas, resulta que la capacidad de un compresor se dimensionara para rellenar una botella en un tiempo máximo de 30 minutos:

$$Q_{\text{comp}} = V_{\text{bot}} \cdot P_{\text{bot}} / t$$

P bot: Presión de aire en la botella, 30 bares

t :Tiempo de llenado, 30 min = 0,5 h

$$Q_{\text{comp}} = 33.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

En cuanto al compresor de aire de emergencia esta accionado mediante la combustión interna del motor principal. El dispositivo de arranque es manual, también se puede aceptar el arranque mediante baterías. En el caso de pequeñas instalaciones, un compresor accionado por la mano de capacidad aprobada puede ser aceptado.

Su capacidad se estima de forma que sea capaz de llenar las botellas en dos horas:

$$Q_{\text{comp de emergencia}} = V \cdot P / t$$

$$Q_{\text{comp de emergencia}} = 16.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.5 Servicio de Ventilación

El servicio de ventilación trata de:

- Disipar el calor que emiten los equipos de la cámara de maquina manteniendo la temperatura en unos límites aceptables.
- Suministra el aire para la combustión en los motores. Este aire después de introducirle en el motor saldrá a través del sistema de exhaustación en forma de gases de combustión.
- El sistema de ventilación Garantizar una adecuada renovación del aire dentro de los espacios.



El circuito de ventilación se componen de dos subsistemas independientes, un sistema que introduce el aire dentro del espacio (circuito de impulsión), otro sistema separado para sacar el aire del espacio (circuito de extracción).

Para dimensionar adecuadamente el caudal necesario para una correcta ventilación de la cámara de máquinas en todas las condiciones de funcionamiento del buque, se debe estudiar al menos las necesidades en las siguientes condiciones de operación:

- Navegación, cuando los motores están en servicio y a máximo consumo.
- En Puerto, cuando están parados, únicamente se trata de renovar el aire interior de la cámara.
- Condiciones especiales de funcionamiento, durante carga y descarga u operaciones en alta mar.

El número de ventiladores será como mínimo dos, de modo que en caso de fallo de uno de ellos puedan mantenerse operativa la cámara de máquinas aunque a un régimen menor.

Al menos uno de los ventiladores debe ser de tipo reversible de modo que podamos extraer el aire del interior de la cámara de máquinas después de activarse el sistema de contra incendios con gas, y sacar el gas para conseguir una atmósfera respirable en su interior antes de entrar una persona.

El caudal necesario será la suma del aire de combustión necesario para los motores instalados a bordo más el aire necesario para disipar el calor emitido (radiación) por los equipos y tuberías instalados dentro de la cámara de máquinas.

$$Q_{\text{aire}} = Q_{\text{comb}} + Q_{\text{rad}}$$

El caudal de aire de combustión Q_{comb} , suele darlo el suministrador del motor y es en función del tipo y de potencia del motor:

$$Q_{\text{comb}} = m / \rho$$

ρ :Densidad del aire, es 1.15 kg/m^3

m: flujo el aire es un dato dado por el fabricante, es 4.1 kg /s

$$Q_{\text{comb}} = 3.57 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se calcula el caudal de aire de radiación como la suma del caudal necesario para disipar el calor emitido por los equipos, tuberías y tanques en la cámara de máquinas.



Primero se debe calcular el calor total a disipar, como la suma de los siguientes calores:

El Calor emitido por motor, es un dato del suministrador del equipo que para nuestro motor principal y motor generador es de 96 kw seria en total:

$$H_{\text{mot}} = 2 \cdot 96 = 192 \text{ Kw}$$

El Calor emitido por alternador, se debe tener en cuenta la radiación de calor del generador diesel de acuerdo a los datos del suministrador:

Engine Room Ventilation Air

Heat rejection to atmosphere 14.2 kW (150 ekW), 12.9 kW (118 ekW), 12.4 kW (100 ekW),
Heat rejection to atmosphere 751 BTU/min (150 ekW), 734 BTU/min (118 ekW), 706 BTU/min (100 ekW)

$$H_{\text{alter}} = 14.2 \text{ kW}$$

El Calor emitido por instalación eléctrica, se estima como un porcentaje de la potencia eléctrica (considerando del momento la potencia de los generadores y de motores auxiliares) instalada en la cámara de máquinas:

$$H_{\text{el}} = 10\% P_{\text{el}} = 10\% \cdot 1900$$

$$H_{\text{el}} = 190 \text{ kW}$$

Calor emitido por las tuberías de exhaustación, se calcula teniendo en cuenta el área de radiación de la tubería de exhaustación y un factor de radiación en función del tipo de motor:

$$S = 2 \pi \left(\frac{D_{\text{ext}} + a_{\text{isl}} / 2}{2} \right) l$$

$$S = 16.2 \text{ m}^2$$

Siendo:

l : Longitud de la tubería dada por el fabricante, 3430 mm.

D_{ext} : Diámetro exterior de la tubería, dado por el fabricante, 500 mm.

a_{isl} : Espesor del aislamiento (m) = 500 mm



Se multiplica el área de la tubería por el factor de radiación de calor que se estima en función del tipo del motor, en caso del motor tipo 4T el factor es de 255 W/ m², por lo tanto el calor de radiación por exhaustación sería:

$$H_{\text{exh}} = 16.2 \cdot 255$$

$$H_{\text{exh}} = 4.12 \text{ kW}$$

El calor total de radiación es:

$$H_{\text{Rad}} = H_{\text{mot}} + H_{\text{alter}} + H_{\text{el}} + H_{\text{exh}}$$

$$H_{\text{Rad}} = 400.3 \text{ Kw}$$

El caudal de radiación es:

$$Q_{\text{rad}} = \frac{H \cdot 1000}{\rho \cdot c \cdot (T_{\text{fin}} - T_{\text{ini}})} \text{ (m}^3 \text{ / seg)}$$

$$Q_{\text{rad}} = 27.6 \text{ m}^3 \text{ /s}$$

Donde:

H: Calor de radiación a disipar (kW)

ρ : Densidad del aire, 1.15 kg/m³

c: Calor específico del aire, 1010 J/kg °C

T_{fin}: Temperatura de salida del aire, 47.5 °C

T_{ini}: Temperatura de entrada del aire, 35 °C

El caudal total necesario es:

$$Q = 27.6 + 3.57 \cdot 2$$

$$Q = 34.7 \text{ m}^3 \text{ /s}$$

4.6 Servicio de Exhaustación de gases

El sistema dispone de tubería que permite la salida de los gases de combustión producidos en los equipos (motores diesel, caldera etc.) hasta la atmósfera, garantizando que no se acumulen en espacios cerrados por el tema del descenso del contenido de oxígeno y reducción de la visibilidad.



Este sistema trata de resolver muchos problemas como:

La condensación de agua, para evacuarla se dispone de drenajes de agua en la parte más baja de los conductos donde se acumula el agua y en los equipos instalados.

Ruidos por La velocidad y el gran volumen de gases de combustión, se trata de reducir mediante un correcto soportado que evita las vibraciones excesivas y mediante la utilización de un silencioso que reduce la velocidad de los gases.

Brasas en suspensión en los gases de combustión, Se trata generalmente de una rejilla metálica que filtra los gases, suele ir montada sobre el mismo silencioso.

Recuperación de calor, con el fin de aumentar el rendimiento y la eficacia de la combustión se instalan calderetas de vapor en los conductos que utilizan el calor residual para generar vapor a bordo. El calor a recuperar se puede estimar conociendo el volumen y temperatura de los gases de escape:

$$P_{cal} = Q_{ex}(T_{ex} - T_{cal}) C_{ex} \frac{f}{100} \frac{1}{860} (kW)$$

$$P_{cal} = 16.7 \text{ kW}$$

Pcal: potencia de la caldereta de exhaustación en kW

Qex: caudal de los gases de escape viene dado por el fabricante, 15120 m³/h

Tex: temperatura de los gases de escape después de la turbo soplante, 312 °C

Tcal: temperatura a la salida de la caldereta, 180°C

Cex: calor específico de los gases de escape, 0.24 Kcal / Kg °C

f: pérdidas estimadas, aproximado 3%

Tratamiento de los gases de combustión, se utiliza dos métodos para reducir la emisión de gases nocivos:

- Mejorar la combustión de los equipos, con una correcta combustión de los combustibles produce una disminución importante de las emisiones.
- Tratamiento de los gases de exhaustación, antes de su emisión a la atmósfera se limpian y filtran para separar los gases nocivos y controlar la emisión. los tratamientos más importantes son lavado en seco, lavado húmedo y catalizadores.

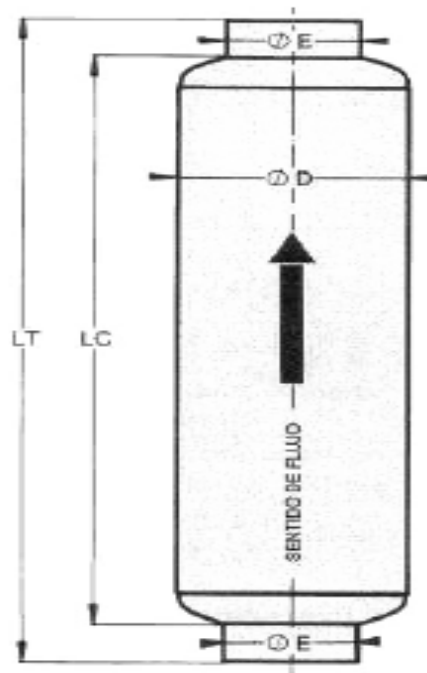


A la hora de diseñar el conducto se debe tener en cuenta la reducción al máximo las pérdidas de carga:

- Diámetro del conducto, marca la velocidad de los gases, si es muy grande se dispararan las pérdidas de carga.
- Tramos rectos.
- Codos, reducir al máximo el número de codos y siempre con radios de curvatura grandes, mínimo 1.5 D.
- Accesorios que son juntas de exhaustación, se utilizaran de tipo corrugadas.
- Equipos, se reducirá en la medida de lo posible las pérdidas de carga en los mismos.

Según los datos que suministra el fabricante del motor, el tipo del conducto de Exhaustación para los motores principales y auxiliares es DN 400 con conexión tipo V:

DIMENSIONES					
DN	Ø E	Ø D	LC	LT	PESO
400	406	655	2176	2446	190



El radio de curvatura del codo es 1.5 D, seria 982.5 mm.



En cuanto al silenciador de gases de escape se dimensiona teniendo en cuenta la atenuación de ruido de 25 dB:

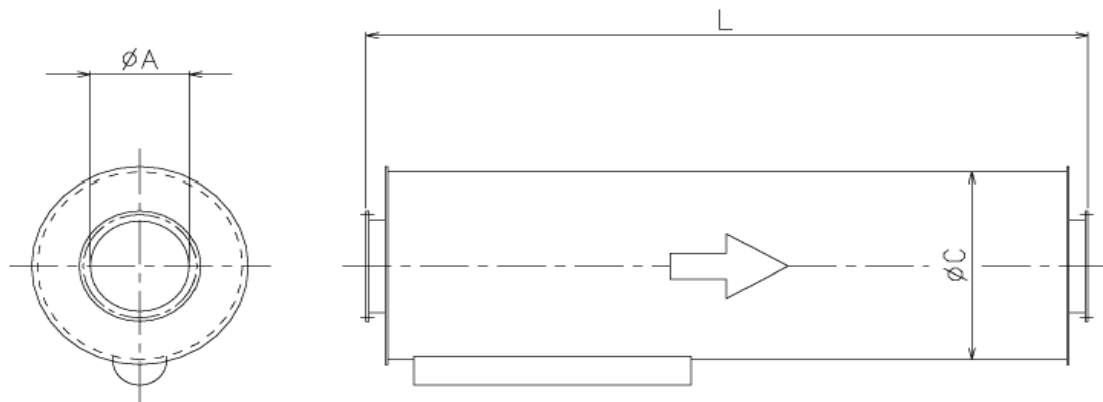


Table 11.1 Typical dimensions of the exhaust gas silencer

Engine type	A [mm]	C [mm]	Attenuation: 25 dB(A)		Attenuation: 35 dB(A)	
			L [mm]	Weight [kg]	L [mm]	Weight [kg]
6L26	500	1200	3430	690	4280	860

5. Servicios Generales

5.1 Sistema de Sentinas

Sistema capaz de achicar todos los espacios cerrados del buque que no dispongan de medio de achique propio.

En cuanto al colector de sentinas, el diámetro se estima en función de las dimensiones principales del buque:

$$D = 25 + 1.68 \cdot [L (B + H)]^{0.5}$$

$$D = 69.2 \text{ mm}$$

L: eslora entre perpendicular, 37.6 m

D: diámetro de la tubería de aspiración de sentina.

H: puntal hasta la cubierta principal, 6.37 m.

Diámetro los succiones de sentinas:

$$d = 2.16 [c \cdot (B + H)]^{0.5} + 25$$

$$d = 39.4 \text{ mm}$$



Siendo: C= Eslora del compartimento, 2.43 m

En el apartado de BV (Pt C, Ch 1, Sec 10 [6.9.5]) exige que el pocete de sentina que se usa para evacuar los diversos compartimentos, deba tenerse un volumen mínimo de 0,15 m³.

En el espacio de cámara de máquinas será obligatorio disponer dos succiones de emergencia adicionales de sentinas, de diámetro del ramal de sentinas para ese espacio; desde la bomba mayor se dispondrá una succión del espacio y una descargar al mar, generalmente desde la bomba de lastre, de servicios generales o de refrigeración. En caso de fallo de las bombas de sentinas el sistema será capaz de achicar la cámara de máquinas

Los tubos de sentina que succiona de los túneles, no deben ser menos de 65 mm de diámetro. Cualquier imbornal para evacuar espacios de popa y la descarga al túnel debe tener un diámetro interno mayor de 35 mm

Según el apartado de BV (Pt C, Ch 1, Sec 10 [6.7]), para los buques de carga deben tener al menos dos bombas de sentinas conectadas a colector de achique, una de los cuales puede ser impulsado por las máquinas propulsoras. Y la otra debe ser accionada independientemente.

Las dos bombas de sentinas son tipo centrifugas y autocebada, se estima la capacidad por bomba en función del diámetro del colector de sentinas:

$$Q_{SENT} = 5.75 \cdot D^2 / 1000$$

$$Q_{SENT} = 27.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para el tratamiento de aguas sucias, se necesita un separador de sentinas a bordo en el caso de que el arqueado del buque esté comprendido entre 400 t y 1000 t. El separador trata de separar los hidrocarburos (hidrocarburos con límite de 15 ppm) del agua mediante la decantación por gravedad y filtrado, luego descarga el lodo al tanque de lodos y el agua tratada al mar.

Para no utilizar las bombas principales de sentinas para trasiego del agua sucia, se dispone una bomba auxiliar rotativa para succionar del colector de sentinas y descargar al tanque de sentinas, con una capacidad de 5% de la capacidad de la bomba principal de sentinas:

$$Q_{aux} = 5\% Q_{sent}$$

$$Q_{aux} = 1.4 \text{ m}^3/\text{h}$$



El tanque de sentinas se utiliza como almacén hasta que se acumule suficiente agua sucia para arrancar el separador. La capacidad del tanque se calcula en función de la potencia de los motores principales instalados a bordo. Será como mínimo:

$$V_{\text{sent}} = 1.5 + (P - 1000)/1500$$

$$V_{\text{sent}} = 3.6 \text{ m}^3$$

5.2 Sistema de lastre

Sistema capaz de trasegar agua entre tanques de lastre para poder compensar escoras y trimados.

Elementos del sistema de lastre:

- Succión del colector de tomas de mar
- Bombas de lastre
- Colector de lastre
- Tanques de lastre
- Ramales a los tanques de lastre provistos de válvulas de aislamiento.
- Descarga al costado mediante la válvula certificada

La bomba de lastre es tipo autocebada de capacidad diseñada para deslastrar suficientemente el volumen total de los tanques de lastre en un tiempo determinado de una hora y media:

$$Q_{\text{lastre}} = V_{\text{lastre}} / t = 60.5 / 1.5$$

$$Q_{\text{lastre}} = 40.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

El colector de tomas de mar se dispone de siguientes elementos:

- Válvulas de tomas de mar
- Filtro de tomas de mar
- Válvula de interconexión que divide el colector en dos trozos.
- Limpieza de tomas de mar con conexión de aire comprimido
- Sistema de anti incrustación

Estimamos el diámetro interior del colector de tomas de mar, considerando que la velocidad máxima del agua salada en el colector es 2 m/s:

$$d_{\text{int}} = [4 \cdot Q / (v \cdot \pi)]^{1/2}$$

$$d_{\text{int}} = 6.3 \text{ mm}$$



5.3 Sistema de Contraincendios

Sistema capaz de tomar agua salada del mar y distribuirla de forma controlada a cualquier punto del buque para lucha contra incendios.

El circuito dispondrá de:

- Succión del colector de tomas de mar.
- Equipo de bombeo (bombas centrifugas autocebadas).
- Colector de contra incendios.
- Bocas contra incendios y manguera contra incendios.
- Conexión internacional a tierra.
- Sistema de presurización

El Número de bombas contra incendios se estima en función del arqueo bruto y el tipo del buque. Como nuestro buque es de carga con un arqueo bruto menor de 1000 t, se instalara dos bombas, una de ellas puede dispone de fuente de alimentación independiente. Las bombas de contra incendios pueden ser de uso múltiple, siempre que no conduzca líquidos inflamables.

En cuanto a la disposición de las bombas de contra incendios, elegimos la opción A, instalando las bombas en espacios independientes.

La capacidad de bombas de contra incendios debe cubrir cualquier circuito de contra incendios a bordo que se pueda alimentar desde el colector de contra incendios, con que la capacidad no sobrepasa de 180 m³/h.

Para buques de carga la capacidad mínima total es en función de la capacidad de sentinas:

$$Q_{CI} = (4/3) Q_{SENT}$$

$$Q_{CI} = 36.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Una vez teniendo la capacidad de contra incendios podemos determinar la capacidad de las bombas correspondiente mediante la fórmula siguiente:

$$Q_{\text{Bomba CI}} = Q_{CI} / N_{\text{Bombas}} = 36.7 / 2$$

$$Q_{\text{Bomba CI}} = 18.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

La capacidad final de cada bomba es 25 m³/h debido a que la capacidad estimada no es suficiente ni llega al valor mínimo, otra condición importante que debe cumplir la bomba es que pueda suministrar agua a dos bocas contra incendios simultáneamente.



Las bombas trabajan a una presión de 0.25 N/mm^2 que viene dado por dos condiciones el arqueado bruto y el tipo de barco.

- **Bomba de emergencia**

En el reglamento BV apartado (Pt D, Ch 20, Sec 6 [2.3]) exige una bomba de emergencia de accionamiento independiente, accionada por el motor diesel, dispuesta en local no adyacente con el local donde se dispongan las bombas principales o espacios de categoría A, estará situada por encima de la cubierta principal en el compartimento de emergencia. La capacidad de la bomba de emergencia es 80% de capacidad de la bomba principal.

$$Q_{\text{emergencia CI}} = 30.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

6. Servicios Sanitarios

6.1 Sistema de Agua dulce

El agua sanitaria se utiliza para dar servicio al bloque de acomodación, tanto en los aseos como en los espacios de cocina y servicios. Esta agua se lleva almacenada a bordo en tanques y también se puede producir a bordo mediante una potabilizadora aprovechando del agua del mar. En cualquier caso el sistema dispondrá de los equipos necesarios para tratar esta agua y garantizar que es potable y su consumo humano seguro.

El consumo de agua sanitaria se estima en función del número de personas a bordo:

$$Q_{\text{ad}} = N_{\text{per}} \cdot \text{cad} \cdot f / 1000$$

$$Q_{\text{ad}} = 1.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

N_{per} : Número de personas a bordo, 19 personas.

cad : Consumo de agua sanitaria por persona, 180 l per /h

f : Factor de operación, 50% de las persona al mismo tiempo.

El volumen del tanque hidróforo se calcula en función del consumo y presión necesarios de agua sanitaria, para una presión máxima y mínima de trabajo y teniendo en cuenta cada cuanto queremos que arranquen las bombas de trasiego:



$$V = 30 \frac{Q_{ad}}{n} \frac{P_{par} - P_{arr}}{P_{par} - P_{arr}} (m^3)$$

$$V = 0.531 m^3 = 531 l$$

Siendo:

Qad: Caudal de agua sanitaria, 1.7 m³/h

Ppar: Presión parada de la bomba de trasiego, 5 bar

Parr: Presión arranque de la bomba de trasiego, 3 bar

n :Número de arrancadas de la bomba por minuto, 12 arr/min

En el sistema de agua caliente, El agua sanitaria se toma de la salida del tanque hidróforo y se calienta mediante un calentador. Esta agua sanitaria a temperatura deseada se hace llegar por un circuito independiente a los grifos de los lavabos, duchas y pilas. Hay dos etapas para el servicio de agua caliente:

- El agua en el interior del tanque se puede calentar mediante un serpentín de vapor o una resistencia eléctrica.
- El tanque se mantendrá presurizado mediante un colchón de aire comprimido en su interior de modo que la presión en el circuito de suministro de agua caliente sanitaria garantice la salida de agua en el punto más alto y alejado.

Para estimar la capacidad del calentador se partió del consumo de agua caliente a bordo y el número de personas embarcadas mediante la siguiente tabla:

Número de personas a bordo	Volumen (l)	Potencia calorífica (kW)
1-9	200	6
10-29	300	12
30-49	450	47
50-69	750	70
70-99	750	116
100-149	1000	163
150-200	1500	233

El volumen de agua caliente es 300 l con una potencia calorífica del calentador de 12 kW.



Para el servicio de agua caliente se necesita instalarse dos bombas tipo centrífugo, con un caudal y presión pequeño, esas bombas son para forzar el movimiento del agua que llena el circuito para retornarlo al calentador.

6.1.1 Sistemas de Aguas residuales

El sistema trata de manipular y gestionar las aguas residuales que se generan a bordo, para su descarga al mar o se almacenan a bordo para su posterior descarga a puerto.

Dentro de las aguas residuales a bordo se trataran por separado, disponiendo de circuitos independiente, dos tipos de aguas:

- Aguas grises proceden de lavabos, duchas, lavadoras, imbornales etc., sin desechos orgánicos.
- Aguas negras proceden de WC e inodoros. Aguas residuales con residuo orgánico.

El dimensionamiento del sistema de aguas residuales se realizara en función de la producción de aguas residuales por las personas y por los días a bordo como:

- Aguas negras 100 l /per día
- Aguas grises 100 l /per día
- Lavandería 40 l /per día
- Cocina 60 l /per día

Empezamos por estimar la capacidad del tanque para almacenamiento a bordo de aguas grises y aguas negras:

$$V_{ag} = \frac{C \cdot N_{per} \cdot T}{1000} (m^3)$$

$$V_{ag} = 3.8 m^3$$

El volumen del tanque estimado por día.

Donde:

- N per: Número de personas a bordo, 19 personas.
- C: Generación de aguas grises y negras a bordo, 100 l/ per·día para cada una.
- T: Días de almacén de aguas residuales a bordo.



Para poder realizar la descarga del tanque de aguas grises a tierra cuando se está en puerto es necesario disponer de una bomba de aguas que secciona del tanque en menos de 4 horas:

$$Q_{ag} = V_{ag} / t$$

$$Q_{ag} = 0.95 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Es una capacidad de bomba estimada por día.

Siendo:

- V_{ag} : Volumen del tanque de aguas grises
- t : Tiempo de descarga a tierra, 4 h

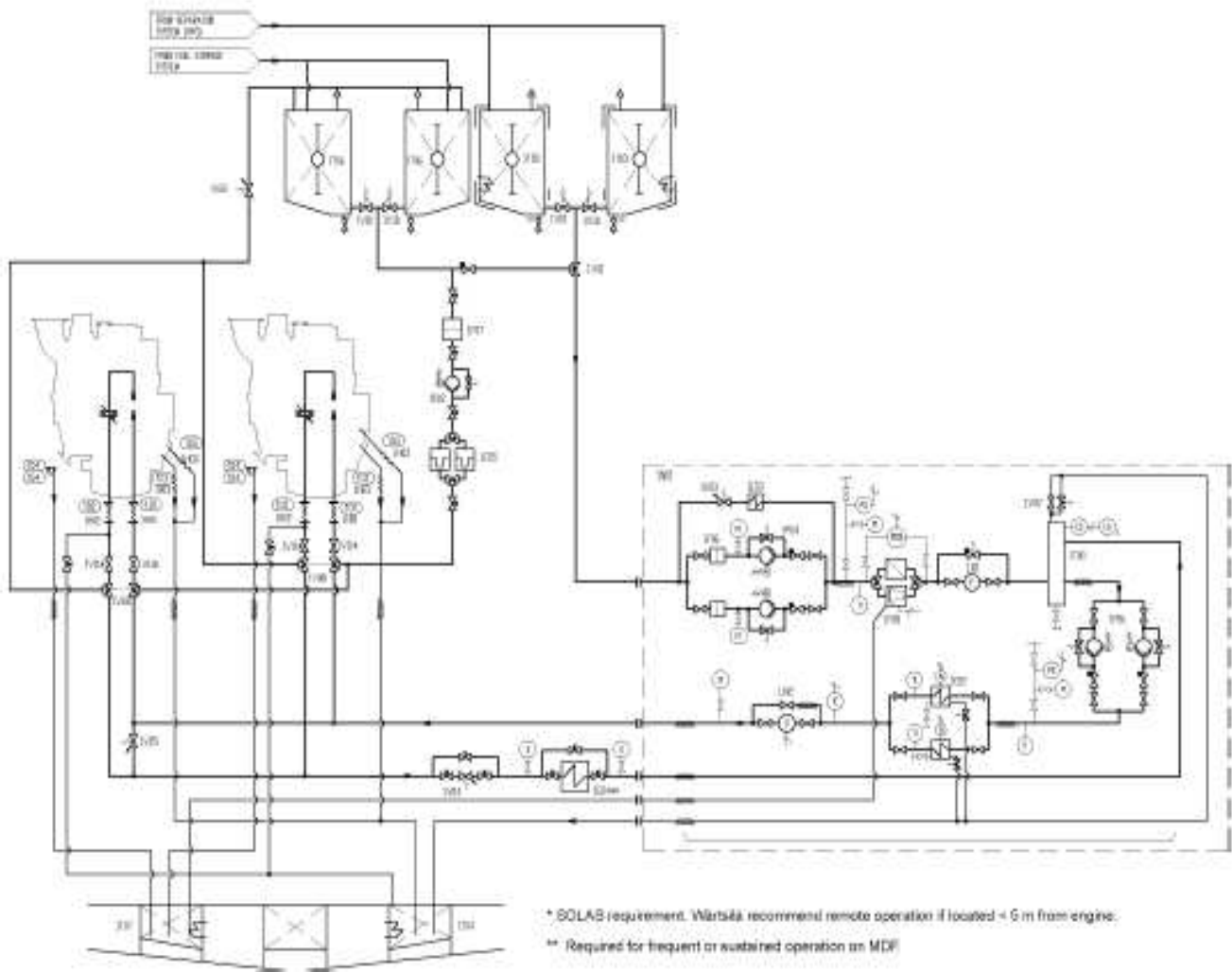


7. Referencias

- Apuntes de Diseño de cámara de maquinas. Autor Carlos Arias
- Wärtsilä 26 - Product Guide
- Caterpillar C7.1 Marine Generator set Package. Product Guide
- Caterpillar C4.4 Marine Generator Set. Product Guide
- Application and installation guide. Alignment
- Rules for classification of Steel Ships, Bureau Veritas



Esquema de servicio de combustible:

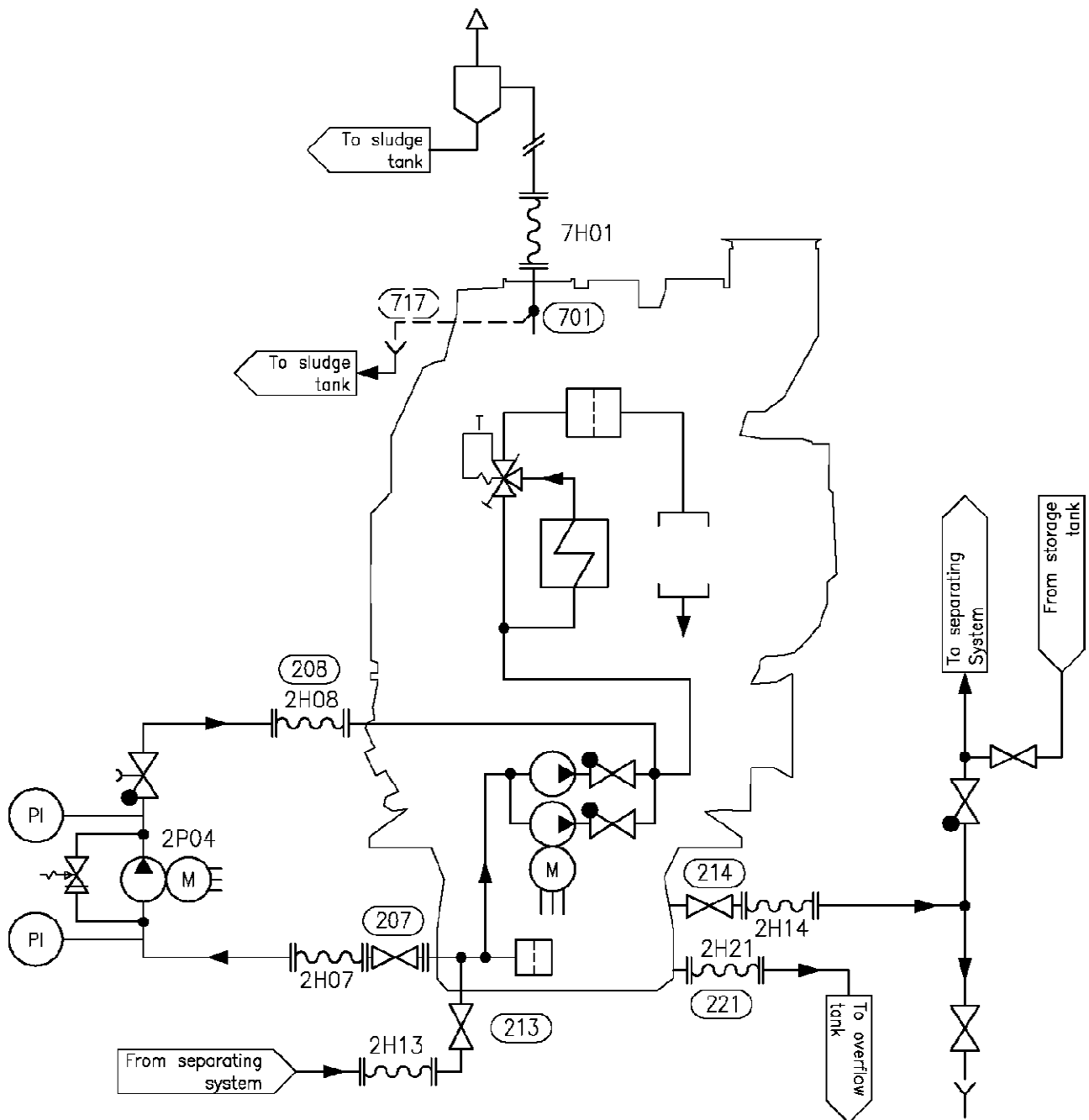


System components:

1E02	Heater (booster unit)	1T03	Day tank (HFO)
1E03	Cooler (booster unit)	1T04	Leak fuel tank (clean fuel)
1E04	Cooler (MDF)	1T06	Day tank (MDF)
1F03	Safety filter (HFO)	1T07	Leak fuel tank (dirty fuel)
1F05	Fine filter (MDF)	1T08	De-aeration tank (booster unit)
1F06	Suction filter (booster unit)	1V01	Changeover valve
1F07	Suction strainer (MDF)	1V02	Pressure control valve (MDF)
1F08	Automatic filter (HFO)	1V03	Pressure control valve (booster unit)
1I01	Flow meter (booster unit)	1V04	Pressure control valve (HFO)
1I02	Viscosity meter (booster unit)	1V05	Overflow valve (HFO)
1N01	Feeder/booster unit	1V07	Venting valve (booster unit)
1P03	Circulation pump (MDF)	1V08	Change over valve
1P04	Fuel feed pump (booster unit)	1V10	Quick closing valve
1P06	Circulation pump (booster unit)	1V11	Remote controlled shut off valve



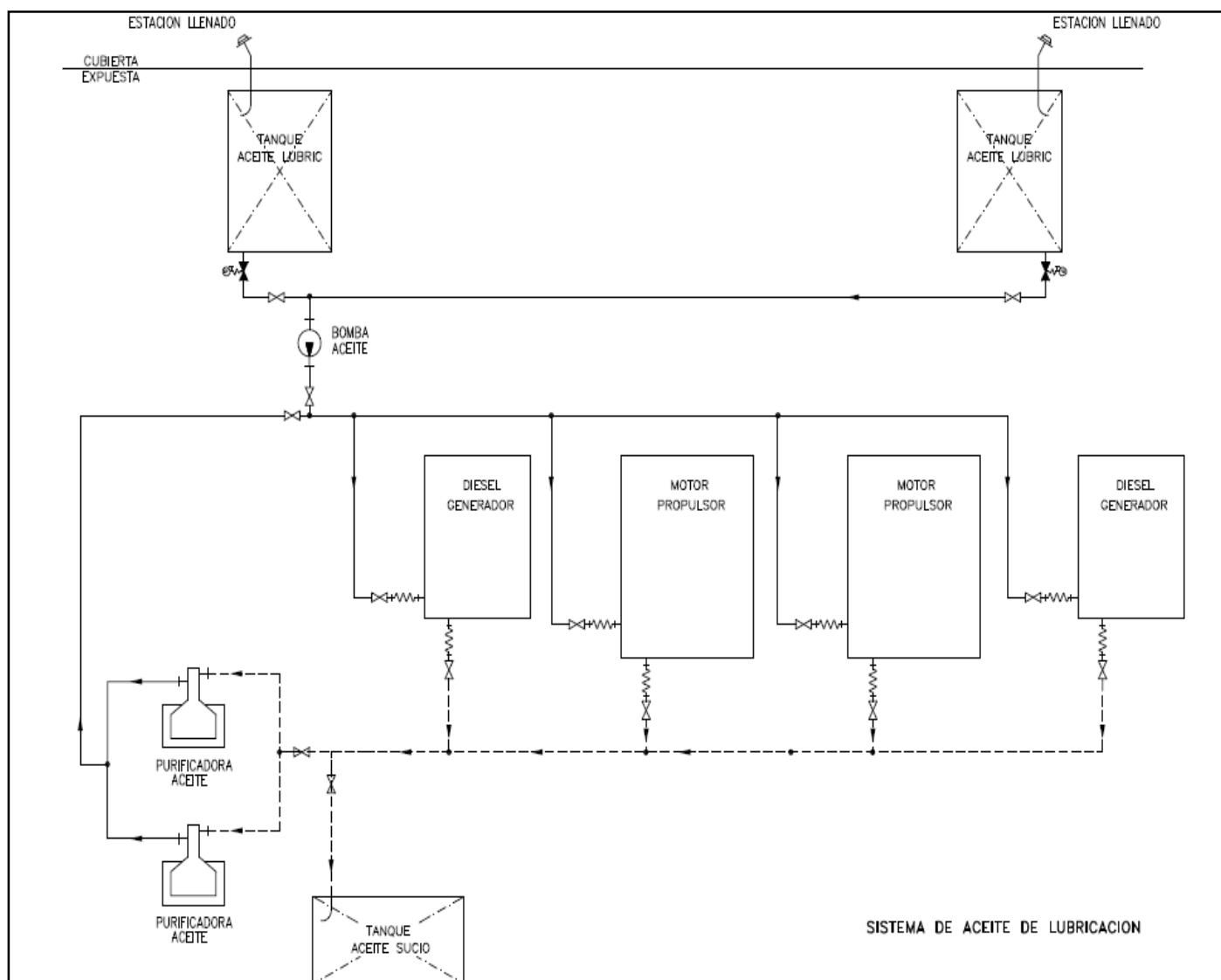
Sistema de lubricación



2HXX* Flexible pipe connection
7H01 Flexible pipe connection
2P04 Lubricating oil pump, stand-by

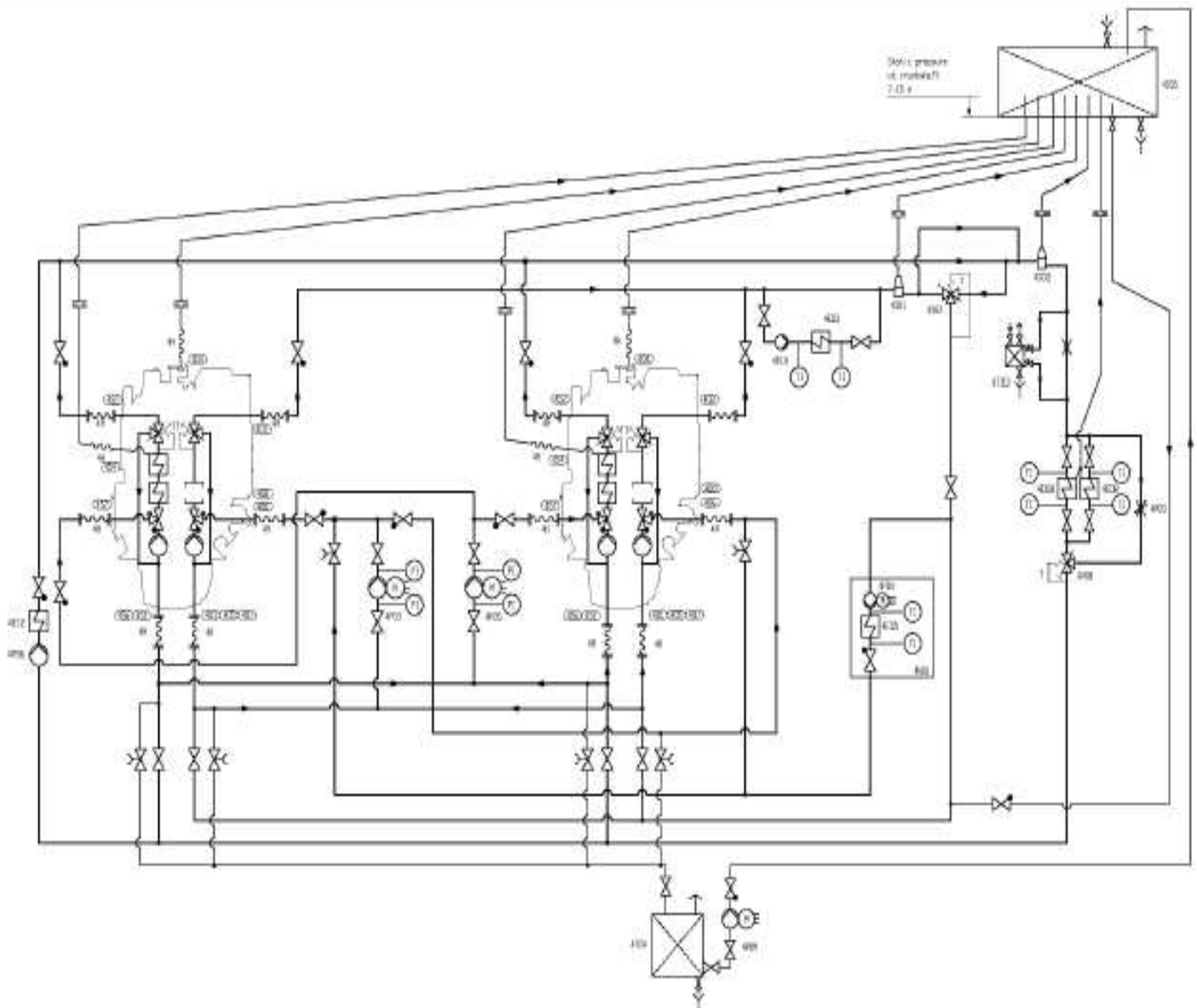
207 Lubricating oil to electric driven pump
208 Lubricating oil from electric driven pump
213 Lubricating oil from separator
214 Lubricating oil to separator
221 Lubricating oil overflow (inline only)
701 Crankcase air vent
717 Crankcase breather drain (only for V-engines)

* Only required for resiliently mounted engines





Circuito de refrigeración por agua dulce

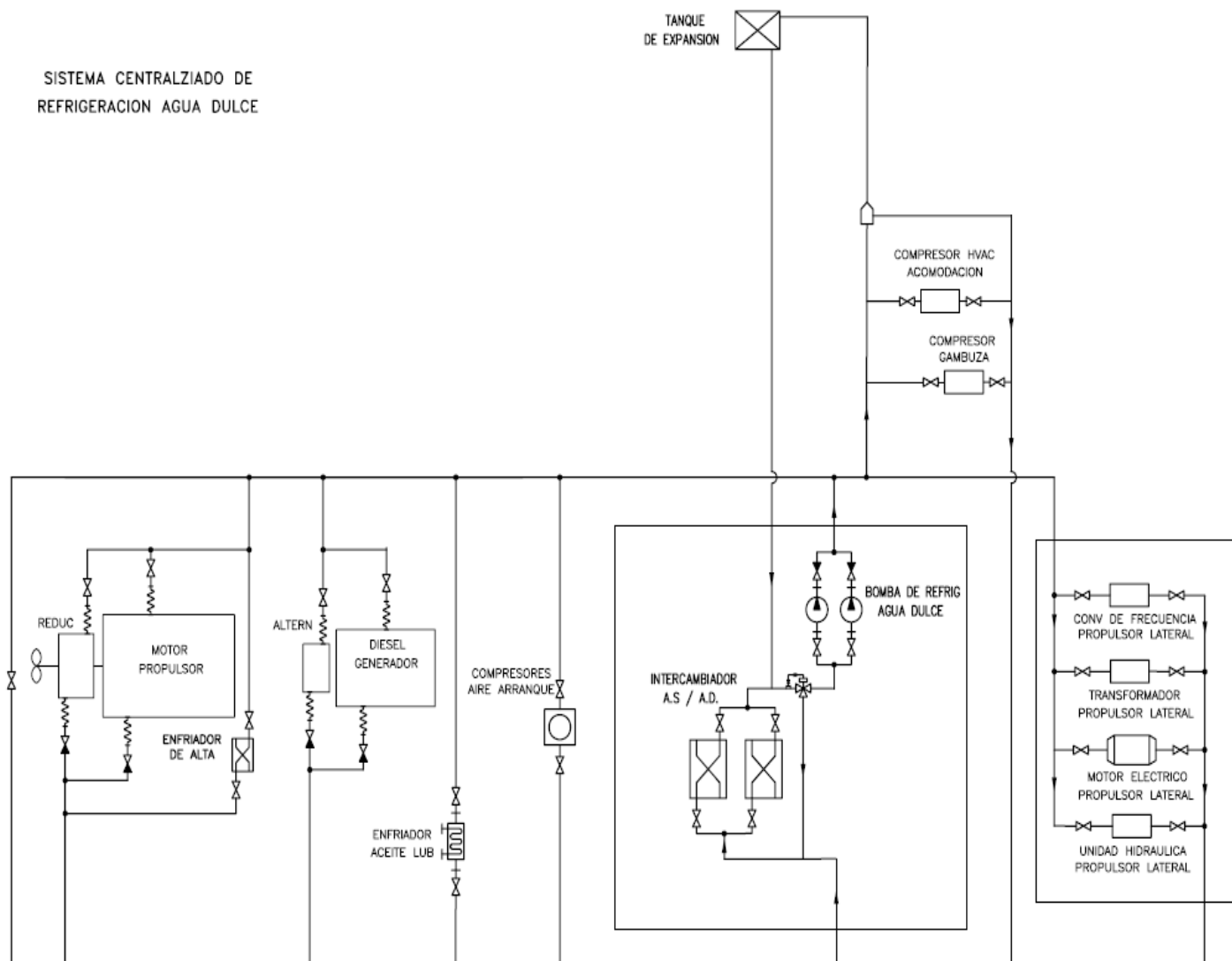


System components:

4E03	Heat recovery (evaporator)	4P09	Transfer pump
4E05	Heater (preheater)	4P19	Circulating pump (evaporator)
4E08	Central cooler	4R03	Adjustable throttle valve (LT cooler)
4E12	Cooler (installation parts)	4S01	Air venting
4N01	Preheating unit	4T03	Additive dosing tank
4P03	Stand-by pump (HT)	4T04	Drain tank
4P04	Circulating pump (preheater)	4T05	Expansion tank
4P05	Stand-by pump (LT)	4V02	Temperature control valve (heat recovery)
4P06	Circulating pump	4V08	Temperature control valve (central cooler)

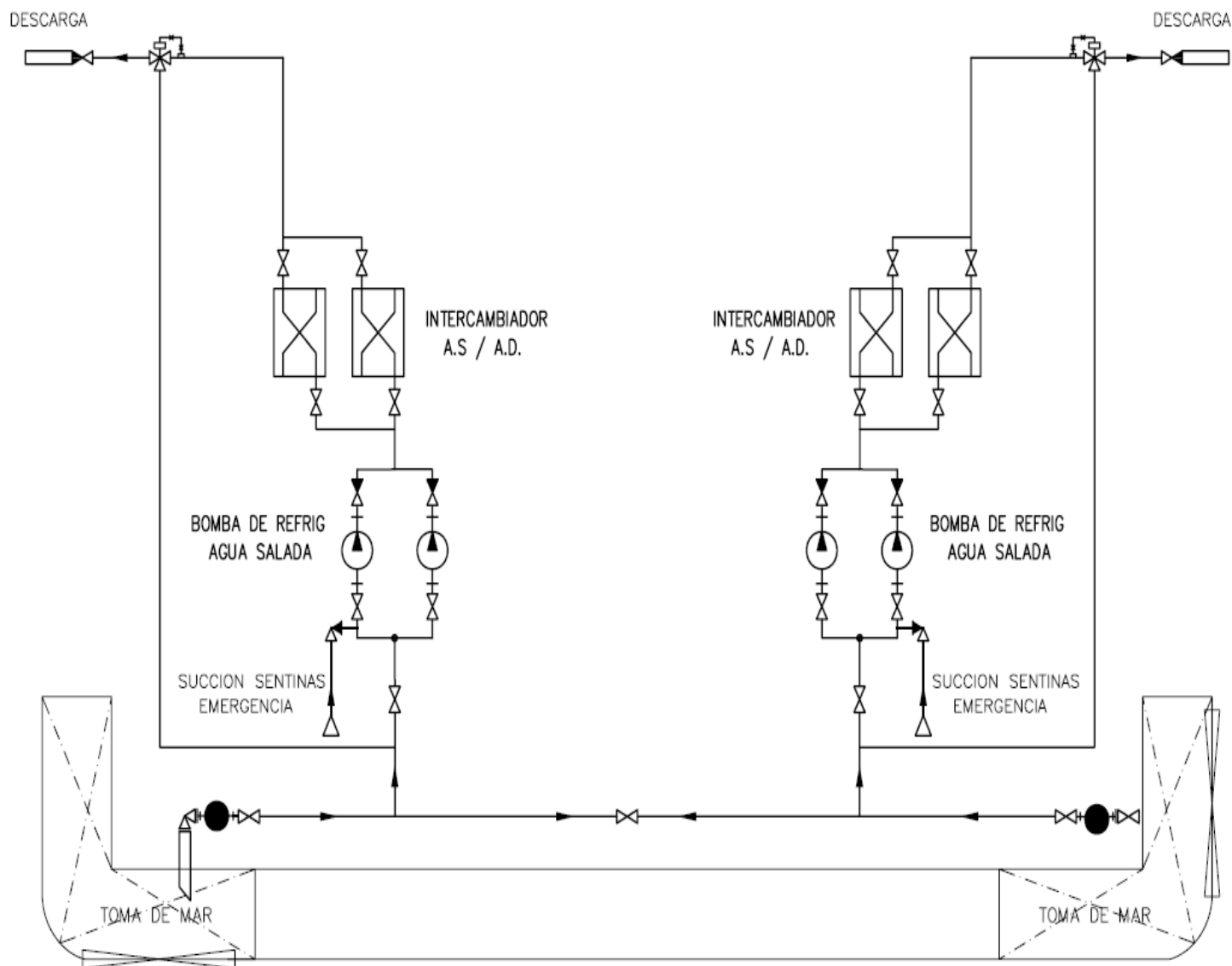


SISTEMA CENTRALIZADO DE
REFRIGERACION AGUA DULCE

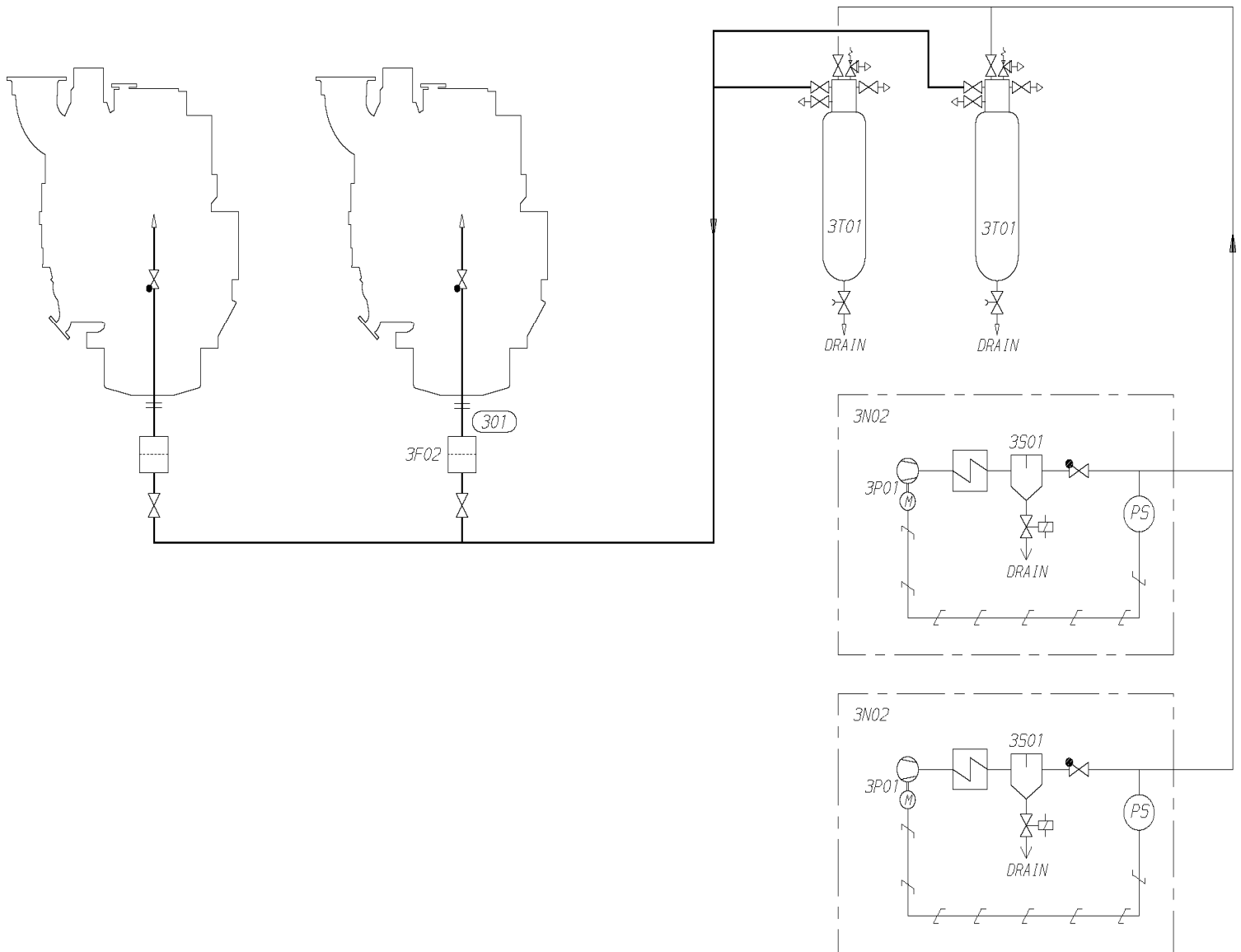




Sistema de refrigeracion de Agua salada

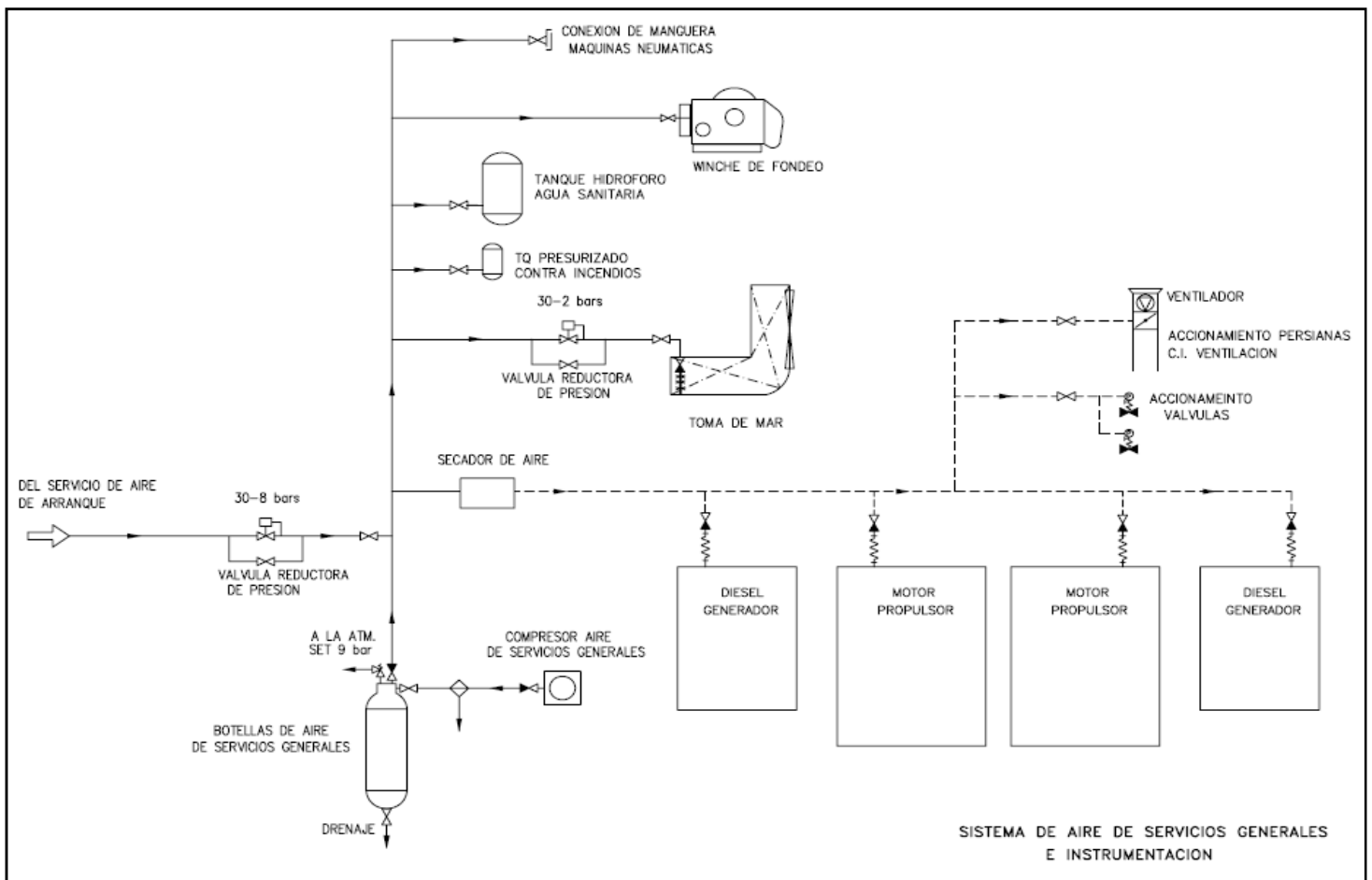
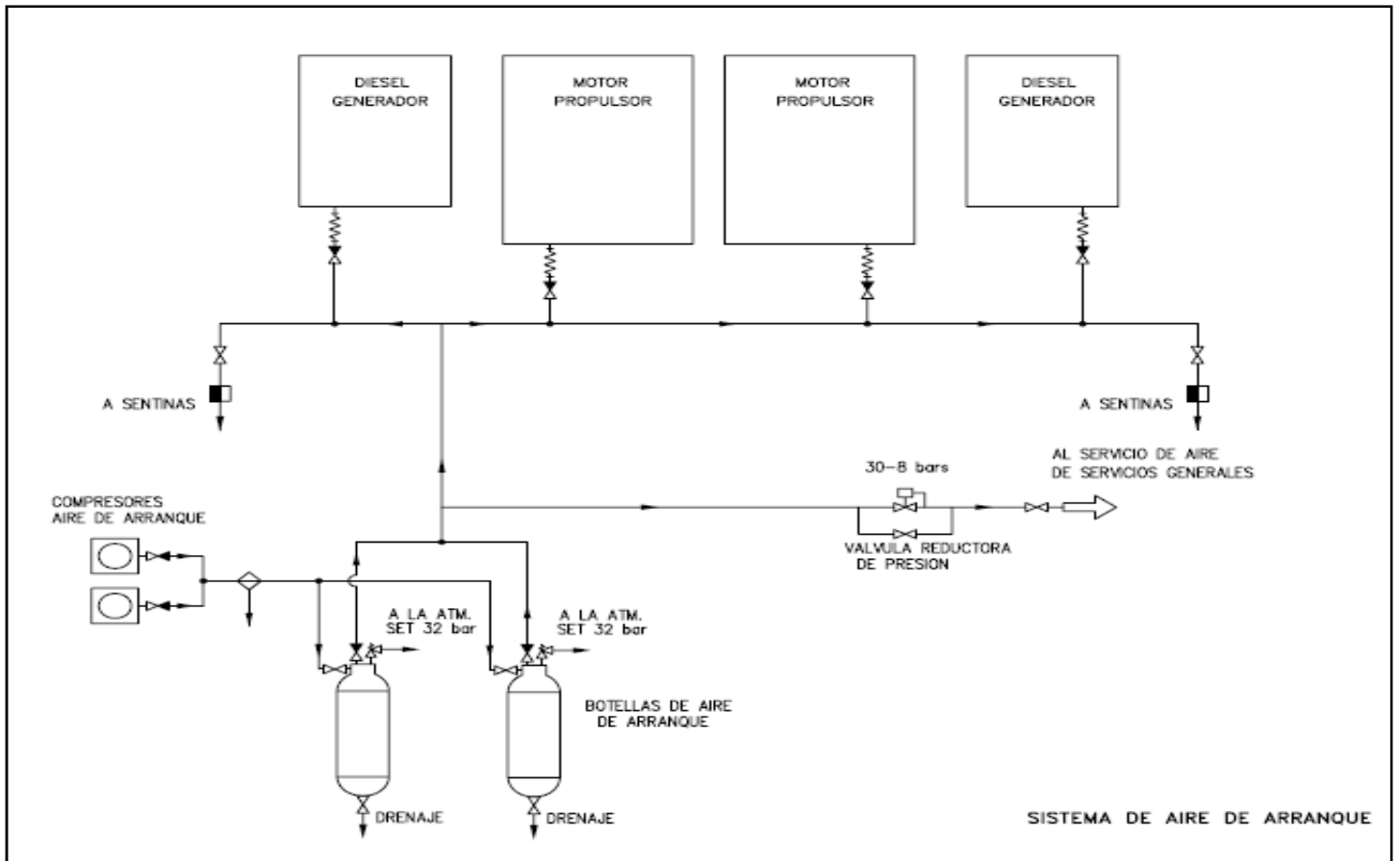


Circuito de Aire comprimido



3F02 Starting air system filter, engine inlet
 3N02 Starting air compressor unit
 3P01 Starting air compressor
 3S01 Starting air, oil and water separator
 3T01 Starting air receiver

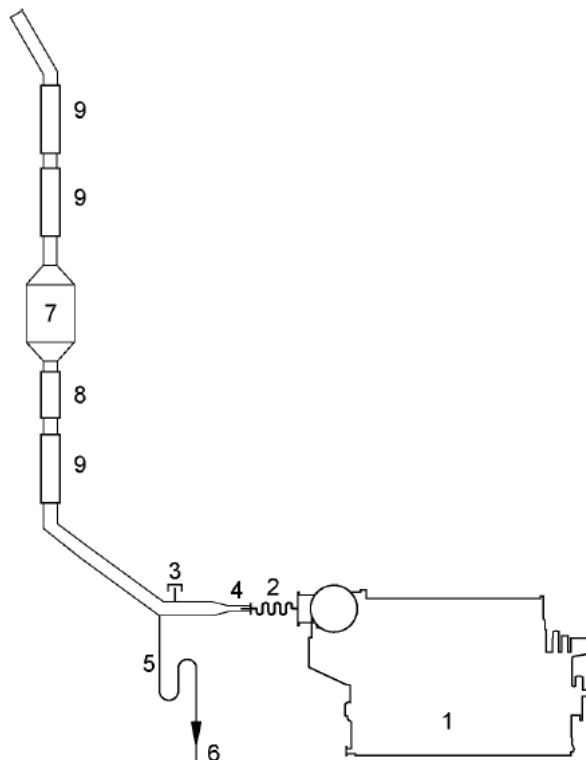
301 Starting air inlet, 3 MPa



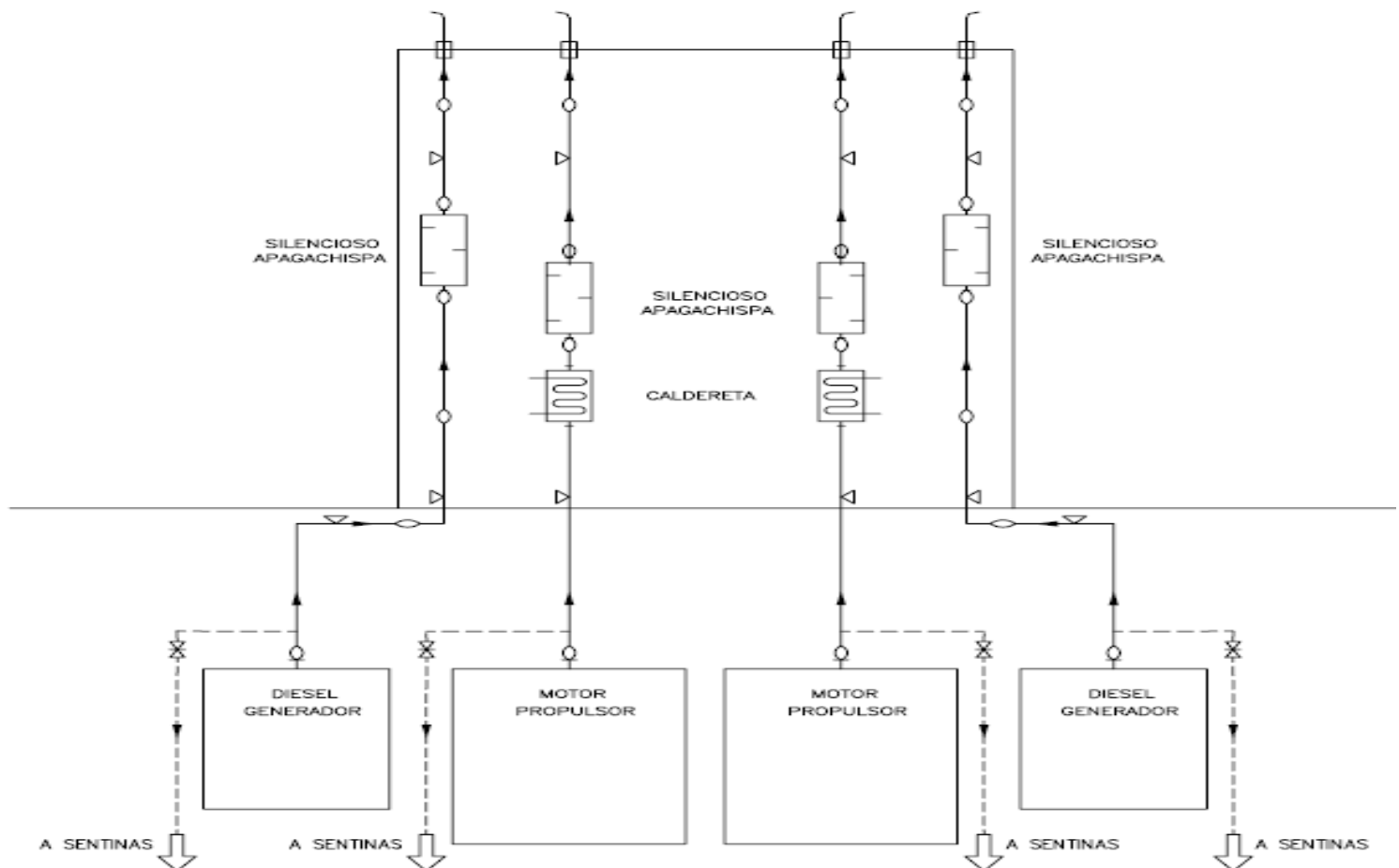


Sistema de Exhaustación de gases

Figure 11.8 External exhaust gas system

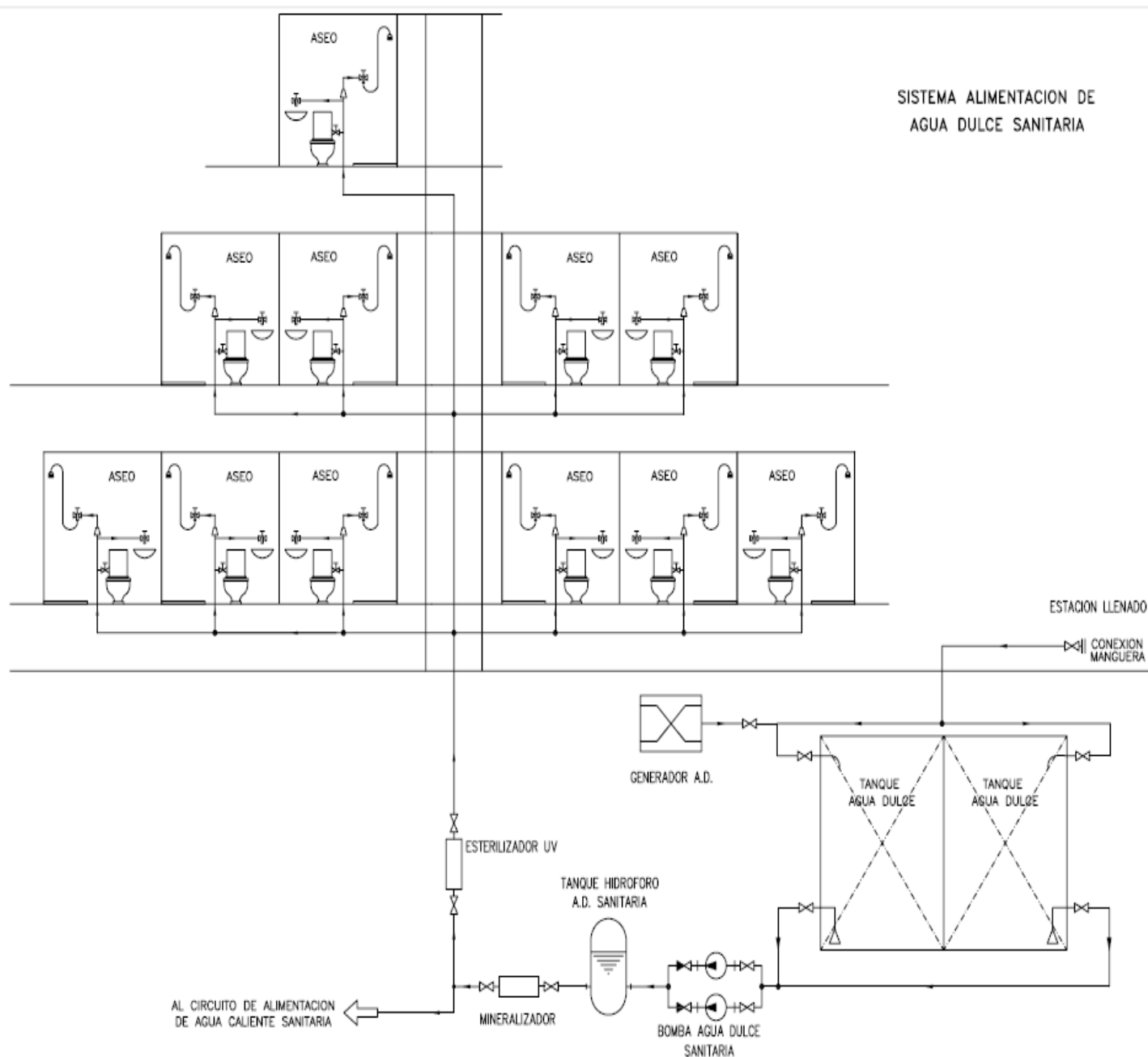


- 1 Diesel engine
- 2 Exhaust gas bellows
- 3 Connection for measurement of back pressure
- 4 Transition piece
- 5 Drain with water trap, continuously open
- 6 Bilge
- 7 SCR
- 8 Urea injection unit (SCR)
- 9 CSS silencer element



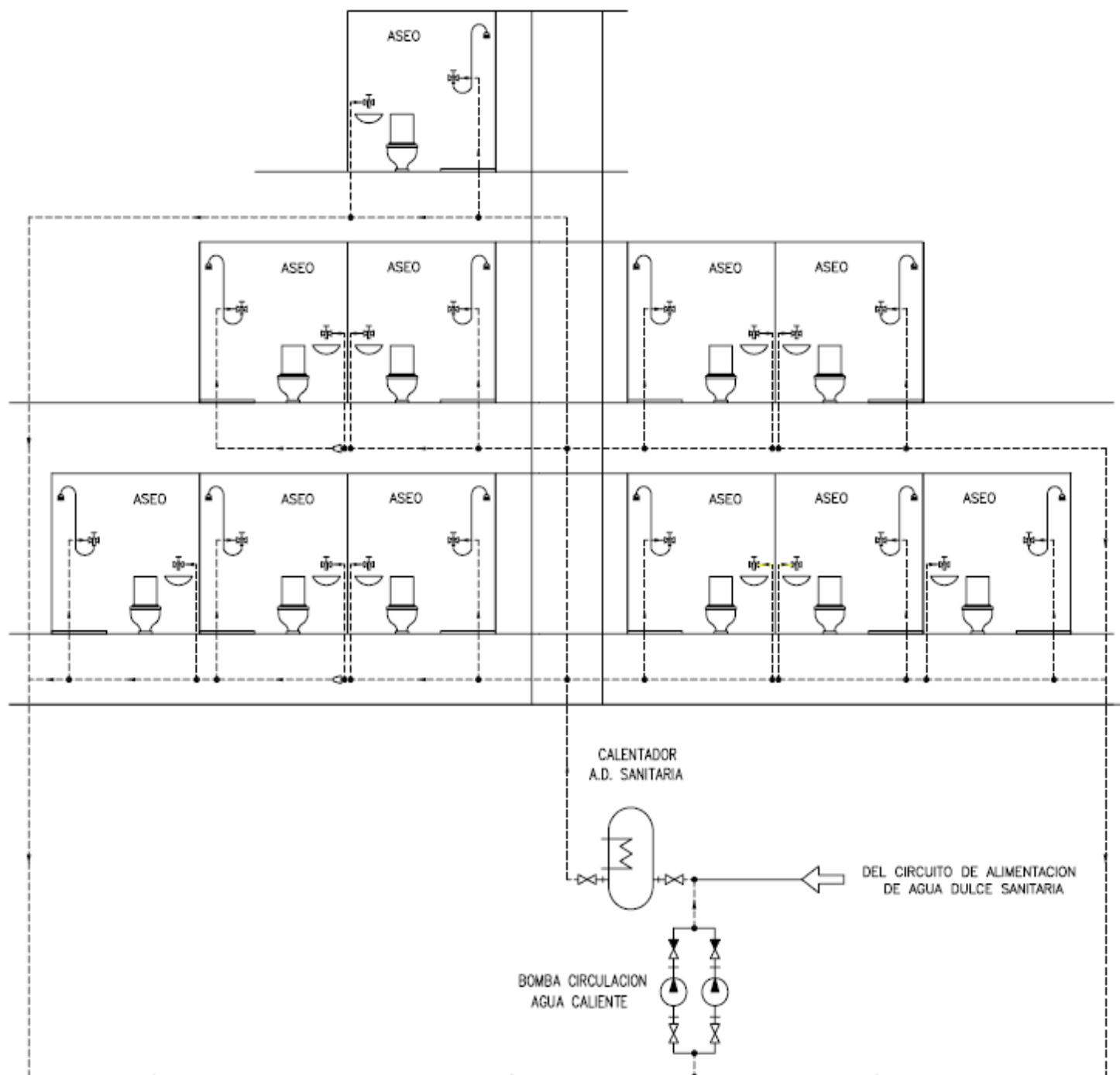


Sistema Sanitario



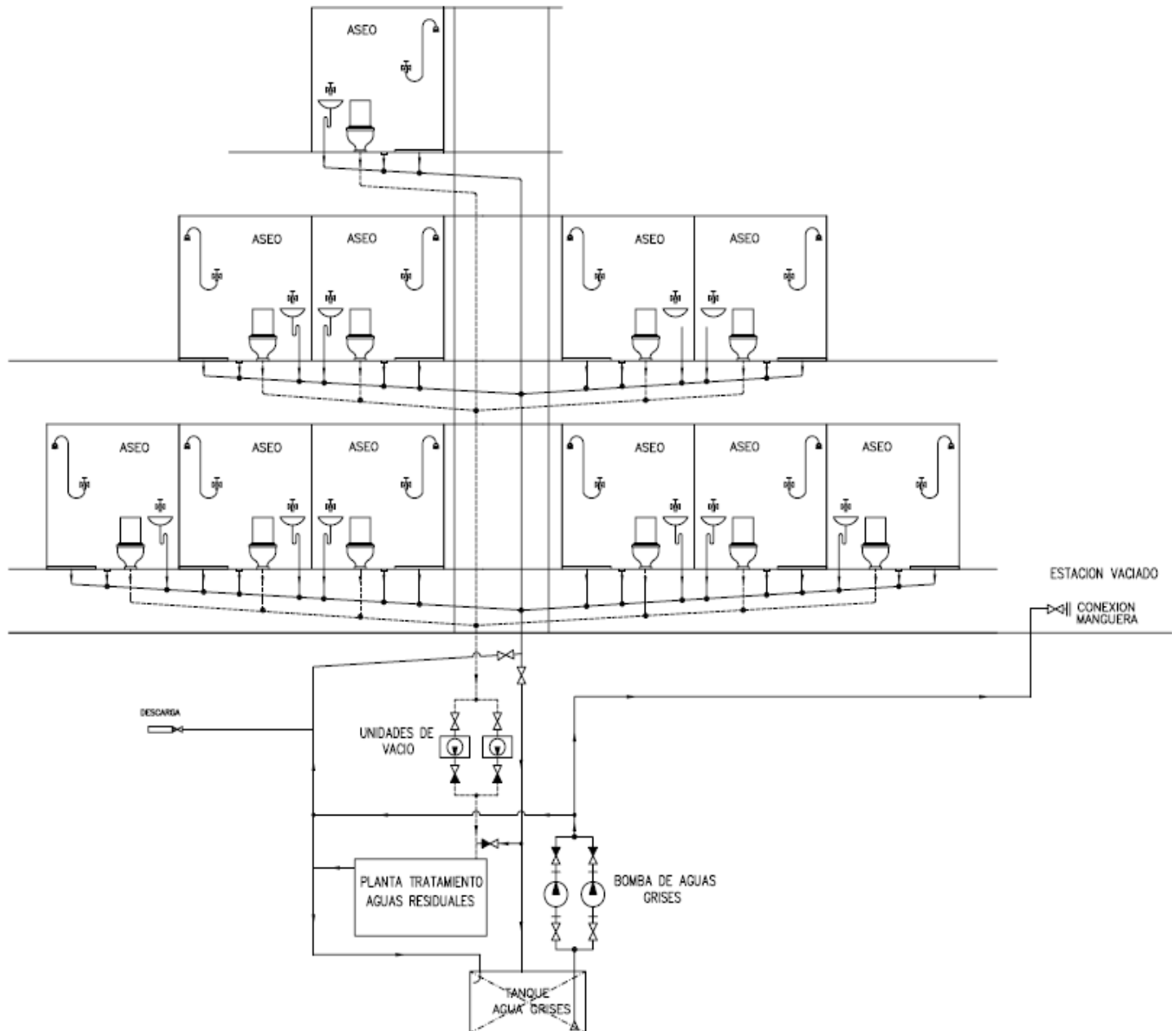


Sistema de alimentacion de agua caliente sanitaria





Sistema de Descarga de aguas residuales





Cuaderno 07:

Equipos y servicios

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun
Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción	3
2. Servicio de casco y cubierta.....	4
2.1 Servicio de fondeo y amarre.....	4
2.1.1 Ancclas.....	6
2.1.2 Cadena	6
2.1.3 Caja de cadenas.....	9
2.1.4 Molinete.....	9
2.1.5 Estopor.....	10
2.1.6 Escoben	10
2.1.7 Boza de cadena	11
2.1.8 Cabrestante.....	11
2.1.9 Cabos de amarre y remolque.....	11
2.1.10 Chigres de remolque.....	12
2.1.11 Gancho de remolque.....	13
2.1.12 Bitas.....	13
2.1.13 Gateras.....	13
2.1.14 Guía de retorno.....	13
2.1.15 Carreteles.....	13
2.2 Sistema de contraincendios.....	14
2.2.1 Bombas y colector de contraincendios.....	14
2.2.2 Bocas de contraincendios.....	16
2.2.3 Mangueras y boquillas de contraincendios.....	16
2.2.4 Sistemas fijos de extinción de incendios por gas.....	17
2.2.5 Extintores portátiles.....	18
2.2.6 Sistema fijo de extinción de incendios con espuma.....	18
2.2.7 Sistema automático de rociadores.....	19
2.2.8 Sistemas de detección.....	20
2.2.9 Equipo de bombeo.....	21
2.2.10 Conexión internacional a tierra.....	21
2.2.11 Protección pasiva contra incendios.....	22
2.3 Servicio de gobierno.....	23
2.4 Servicios de Lastre, Achique y Sentinas.....	23
2.5 Servicio de acceso.....	24
2.5.1 Escalera.....	24
2.5.2 Puertas , escotillas y tapas de registro.....	24



2.5.3	Accesos a compartimentos.....	26
2.6	Sistemas de salvamento.....	27
2.6.1	Aros salvavidas.....	27
2.6.2	Chalecos de salvavidas.....	27
2.6.3	Botes de rescate.....	27
2.6.4	Traje de inmersión.....	28
2.6.5	balsas de salvavidas.....	28
2.6.6	Aparatos o dispositivos de salvamento.....	28
3.	Servicio de carga.....	28
4.	Servicios de habilitación.....	29
4.1	Acomodación.....	29
4.2	Aire acondicionado, calefacción y ventilación.....	30
4.3	Cocina.....	32
4.4	Lavandería.....	32
4.5	Gambuzas.....	33
4.6	Servicios Sanitarios.....	33
4.6.1	Agua dulce.....	33
4.6.2	Agua salada.....	34
4.6.3	Aguas residuales.....	34
5.	Servicios de Navegación y Comunicación.....	35
5.1	Equipos de Navegación y Radioelectrónicos.....	35
5.2	Equipos de comunicación interior.....	36
6.	Alumbrado.....	36
6.1	Luces de Navegación.....	36
6.2	Alumbrado interior.....	38
6.3	Alumbrado exterior.....	39
7.	Servicio Antipolución.....	39
7.1	Sistema oíl Skimmer.....	39
7.1.1	Bombas y Carretel.....	40
7.1.2	Tanques de recogida y tanques de Dispersante.....	40
8.	Referencias	41



1. Introducción

En este cuaderno se hará una estimación de los equipos y servicios más significativos, que deben cumplir con las misiones que desempeña nuestro remolcador, teniendo en cuenta la especificación y los reglamentos exigidas por Bureau Veritas.



2. Servicio de Casco y Cubierta

2.1. Servicio de Fondeo y Amarre

En todos los buques deben ir provistos de elementos de amarre y de fondeo como anclas, cables y cadenas, se dimensionan basando en numeral del equipo EN, que de acuerdo con las reglas de 'Bureau Veritas' parte (Pt B, Ch 10, Sec 4). Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 h B + 0,1 A$$

- Δ : Desplazamiento en toneladas del buque en la flotación de verano, 1620 t.
- h: Altura efectiva de la línea de flotación de verano hasta las casetas, se obtiene de acuerdo con la formula siguiente:

$$h = a + \sum h_n$$

$$h = 11.73 \text{ m}$$

- a: Francobordo medido desde la línea de flotación de verano hasta la cubierta principal, 0.533 m.
- h_n : Alturas de las superestructuras con manga mayor que B/4, 11.2 m.
- A: Área lateral del casco, casetas y superestructuras sobre la línea de flotación de verano con manga mayor que B/4, 209 m².
- B: Manga máxima de trazado, 12 m.

Superestructuras	b(m)	h(m)	A(m ²)
Cubierta principal	12	2,8	33,6
Cubierta bote	11,94	2,8	33,4
Cubierta castillo	11,44	2,8	32,0
Puente de gobierno	9,72	2,8	27,2
Total			126,3

Al final el numeral del equipo será:

$$EN = 440.4$$



En la tabla (Pt B, Ch 10, Sec 4 [2.1.2]) siguiente entrando con el valor de EN se saca las dimensiones del ancla y de cadena:

Equipment number EN A < EN ≤ B		Stockless bower anchors		Stud link chain cables for bower anchors			
A	B	N (t)	Mass per anchor, in kg	Total length in m	Diameter, in mm		
					Q1	Q2	Q3
50	70	2	180	220,0	14,0	12,5	
70	90	2	240	220,0	16,0	14,0	
90	110	2	300	247,5	17,5	16,0	
110	130	2	360	247,5	19,0	17,5	
130	150	2	420	275,0	20,5	17,5	
150	175	2	480	275,0	22,0	19,0	
175	205	2	570	302,5	24,0	20,5	
205	240	3	660	302,5	26,0	22,0	20,5
240	280	3	780	330,0	28,0	24,0	22,0
280	320	3	900	357,5	30,0	26,0	24,0
320	360	3	1020	357,5	32,0	28,0	24,0
360	400	3	1140	385,0	34,0	30,0	26,0
400	450	3	1290	385,0	36,0	32,0	28,0
450	500	3	1440	412,5	38,0	34,0	30,0
500	550	3	1590	412,5	40,0	34,0	30,0
550	600	3	1740	440,0	42,0	36,0	32,0
600	660	3	1920	440,0	44,0	38,0	34,0
660	720	3	2100	440,0	46,0	40,0	36,0
720	780	3	2280	467,5	48,0	42,0	36,0
780	840	3	2460	467,5	50,0	44,0	38,0
840	910	3	2640	467,5	52,0	46,0	40,0
910	980	3	2850	495,0	54,0	48,0	42,0
980	1060	3	3060	495,0	56,0	50,0	44,0
1060	1140	3	3300	495,0	58,0	50,0	46,0
1140	1220	3	3540	522,5	60,0	52,0	46,0
1220	1300	3	3780	522,5	62,0	54,0	48,0
1300	1390	3	4050	522,5	64,0	56,0	50,0
1390	1480	3	4320	550,0	66,0	58,0	50,0
1480	1570	3	4590	550,0	68,0	60,0	52,0

Las dimensiones exigidas por los reglamentos son:

Numero de anclas: 3

Peso unitario: 1290 kg

Longitud de la cadena: 385 m

Diámetro de cadena Q₁: 36 mm

Diámetro de cadena Q₂: 32 mm

Diámetro de cadena Q₃: 28 mm

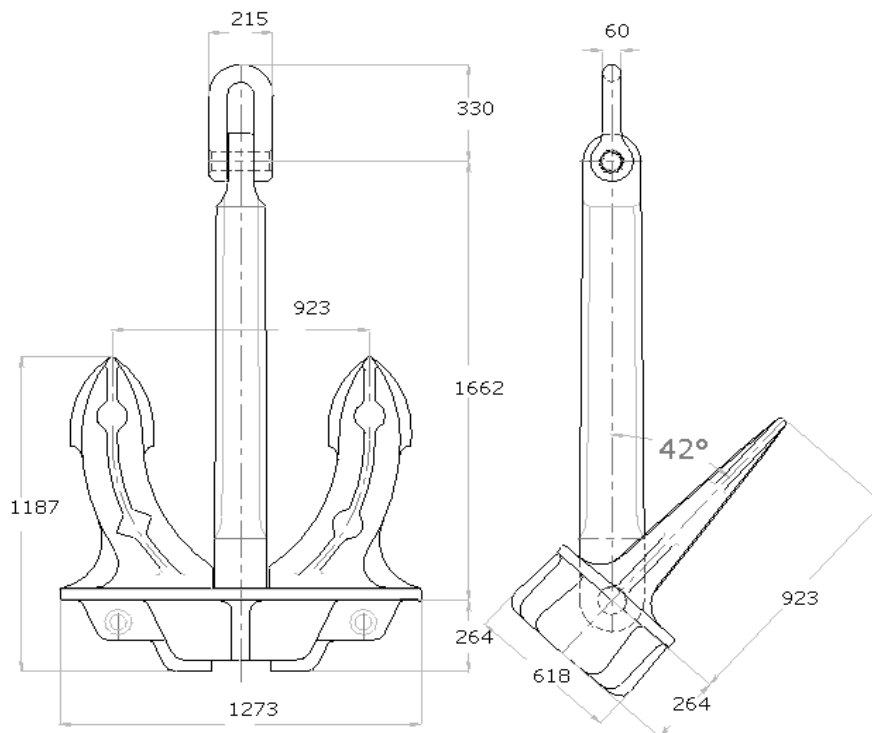


2.1.1. Anclas

Según los reglamentos de BV (Pt B, Ch 10, Sec 4 [3.1.2]), las anclas ordinarias tienen que cumplir las condiciones siguientes:

- La masa requerida para cada ancla de leva se obtiene en la Tabla 1.
- La masa de un ancla principal puede diferir en $\pm 7\%$ de la masa requerida para cada ancla, siempre que la masa total de las anclas no es menor que la masa total requerida en la Tabla 1.
- La masa de la cabeza de un ancla sin cepo ordinaria, incluyendo cepo y accesorios, no debe ser menor que la 60% de la masa total del anclaje.
- Cuando se disponga de tres anclas de leva, dos son para ser conectadas a sus propios cables de cadena y colocadas a bordo siempre listas para el uso. Sin embargo La tercera ancla de repuesto y no esta requerida para los fines de clasificación.

Elegimos ancla tipo 'HALL' sin cepo introduciendo el peso 1290 kg, nos sale con las dimensiones determinada según la sociedad de clasificación



2.1.2. Cadena

Los Cables de cadena deben ser compuestos por largos de 27,5 m, La longitud total de la cadena requerida en la Tabla 1 es de 385 m lo que significa que tiene 14 largos unidos por grilletes, esos largos se dividen en dos partes iguales (7 largos) para cada banda dispuestos en una caja de cadena.



Según los reglamentos de BV se escoge la cadena tipo Q₂ de 32 mm de diámetro. En cuanto a los elementos de unión, la cadena se une al ancla en orden mediante grillete de ancla, eslabón final, eslabón grueso, grillete giratorio, eslabón grueso y el último es eslabón normal. la cadena se fija a la caja de cadenas por medio de un gancho disparador.

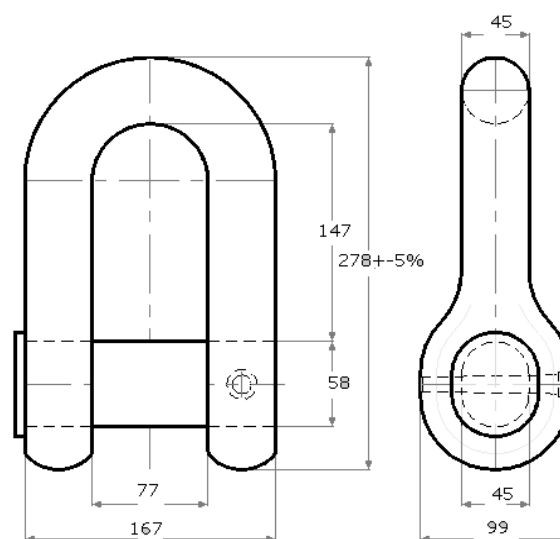
En la siguiente tabla (Pt B, Ch 10, Sec 4. [3.3.2]) viene los diámetros de los elementos de cadena:

Table 3 : Diameters of attachment pieces

Attachment piece	Diameter, in mm
End shackle	1,4 d
Open end link	1,2 d
Increased stud link	1,1 d
Common stud link	d
Lugless shackle	d
Note 1: d : Diameter, in mm, of the common link.	

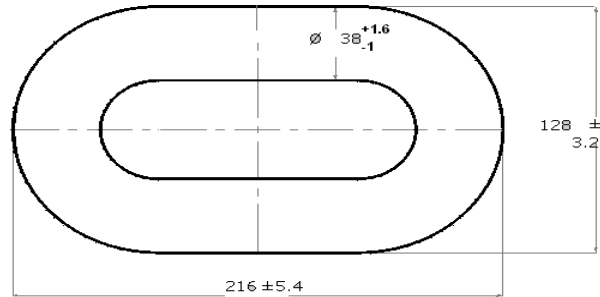
d: Diámetro de la cadena: 32 mm.

Grillete ancla: 45 mm

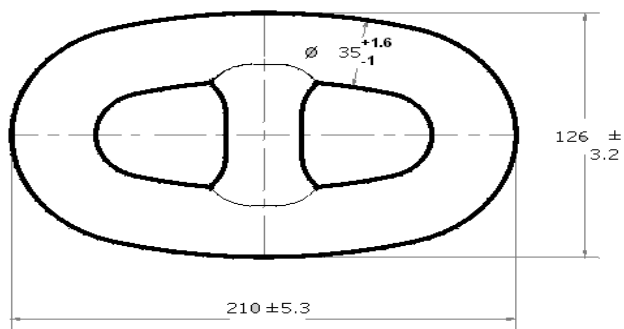




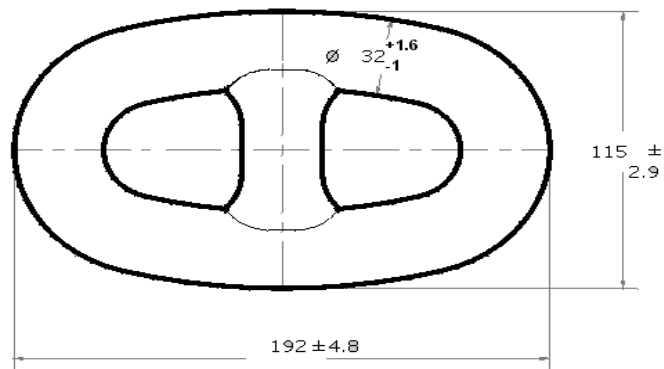
Eslabón final sin conrete: 38 mm



Eslabón grueso: 35 mm

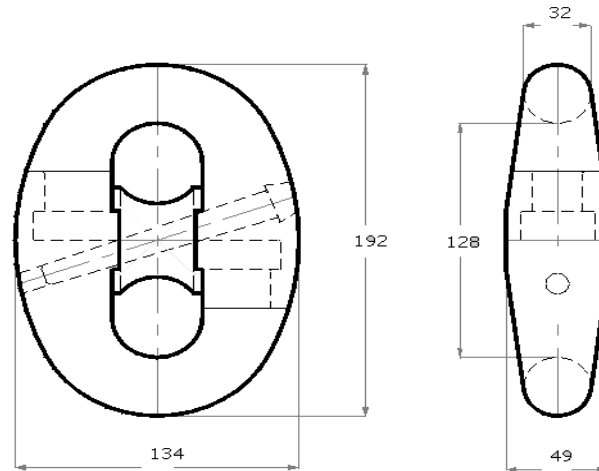


Eslabón normal: 32 mm





Grillete KENTER: 32 mm



2.1.3. Caja de cadenas

El volumen de la caja de cuerdas se determina con la siguiente fórmula:

$$V = 0.082 \cdot d^2 \cdot L / 10000$$

$$V = 1.621 \text{ m}^3$$

Donde

d: Diámetro de la cadena, 32 mm.

L: Longitud de la cadena en una banda (7 largos), 193 m.

A partir del volumen teórico (1.621 m^3) se deduce la altura:

$$1.621 / (1,15 \times 2,5) = 0.56 \text{ m}$$

Se debe sumarla a la altura entre el piso y la placa perforada (altura Drenaje) de 0,4 m y la altura libre de 1,2 m. Con lo que necesitamos una altura de:

$$H_t = 1,12 + 0,4 + 1,2$$

$$H_t = 2,16 \text{ m}$$

2.1.4. Molinete

El Molinete desempeña el papel de maniobra de amarre y manejar las anclas. De acuerdo con el reglamento de BV (Pt B, Ch 10, Sec 4 [3.5.2]), La potencia del molinete es depende del tamaño de la cadena y del peso de la ancla.



En cuanto a la línea de amarre, la capacidad del freno del chigre debe ser suficiente para soportar las cargas de la siguiente manera:

- En el caso que no está montado el estopor de cadena, el molinete con frenos enganchados debe ser capaz de soportar una carga de tracción de 80% de la carga de rotura de la cadena, sin ninguna deformación permanente de las partes donde hay concentración de tensión y sin deslizamiento del freno.
- Si está instalado el estopor, el molinete con frenos enganchados debe ser capaz de soportar una carga de tracción de 20% de la carga de rotura de la cadena, también sin ninguna deformación y sin deslizamiento del freno.

La potencia del molinete es:

$$P = 0.87 \cdot (P_c + P_a) \cdot v \cdot e / (60 \cdot 75 \cdot \eta)$$

$$P = 22 \text{ CV}$$

Siendo:

P_c: peso de cuatro largos de cadena, 4*19*27.5=2090 kg.

P_a: peso unitario del ancla, 1290 kg.

η: rendimiento mecánico del molinete es entre 0.5 y 0.7 tomamos un valor medio, 0.6.

v: velocidad del izado (9-12), 10 m/min.

e: coeficiente de rozamiento de la cadena con el escoben y estopor, 2.

2.1.5. Estopor

Es para retener la cadena impidiendo que la tensión de la misma actúe constantemente sobre el molinete.

La sociedad de clasificación Exige que si el estopor está montado tiene que soportar una tracción de 80% de la carga de rotura de la cadena.

2.1.6. Escoben

Con el escoben se efectúa el paso de las cadenas de fondeo, y aloja las cañas de las anclas. Este elemento está sometido a grandes desgastes, como consecuencia del roce de las cadenas en las maniobras de arriado e izado.



Se monta dos escobenes con el diámetro siguiente:

$$D = [(100 - d_c) \cdot 0.03867 + 7.5] \cdot d_c$$

$$D = 324 \text{ mm}$$

- D: Diámetro de la bocina del escoben.
- d_c : Diámetro nominal de la cadena, 32 mm.

2.1.7. Boza de cadena

Se instalan bozas de cadena con ganchos disparadores y tensores firmes en la cubierta, con el fin de tensar el tramo de cadena entre el estopor y el ancla, cuando la cadena se encuentra alojada en la escobén.

2.1.8. Cabrestante

Se instala para las maniobras de los cabos de popa, se coloca un cabrestante de fricción de eje vertical de accionamiento hidráulico en una banda.

2.1.9. Cabos de amarre y remolque

Las características de los cabos de amarre y remolque vienen determinados según el numeral de equipo en la tabla siguiente de BV (Pt B, Ch 10, Sec 4 [5.2.1]):

Table 7 : Towline and mooring lines

Equipment number EN A < EN ≤ B		Towline (1)		Mooring lines (1)		
A	B	Minimum length, in m	Breaking load, in kN	N (2)	Length of each line, in m	Breaking load, in kN (3)
50	70	180	98,1	3	80	34
70	90	180	98,1	3	100	37
90	110	180	98,1	3	110	39
110	130	180	98,1	3	110	44
130	150	180	98,1	3	120	49
150	175	180	98,1	3	120	54
175	205	180	112	3	120	59
205	240	180	129	4	120	64
240	280	180	150	4	120	69
280	320	180	174	4	140	74
320	360	180	207	4	140	78
360	400	180	224	4	140	88
400	450	180	250	4	140	98
450	500	180	277	4	140	108
500	550	190	306	4	160	123
550	600	190	338	4	160	132
600	660	190	371	4	160	147
660	720	190	406	4	160	157
720	780	190	441	4	170	172
780	840	190	480	4	170	186
840	910	190	518	4	170	201

(1) The towline and the mooring lines are given as a guidance, but are not required as a condition of classification.
(2) See [5.2.7].
(3) For mooring lines with breaking load above 490 kN, see [5.2.4].



Las dimensiones son:

- Longitud mínima de Cabo de remolque: 180 m
- Carga de rotura de cabo de remolque: 250 kN
- Numero de cabos de amarre: 4
- Longitud mínima para cada cabo: 140 m
- Carga de rotura : 98 kN

Los cables pueden ser de alambre de acero, fibra sintética o la mezcla de los dos. La composición del material requerida por BV viene en la tabla siguiente (Pt B, Ch 10, Sec 4[5.2.3]):

Table 8 : Steel wire composition

Breaking load B_L , in kN	Steel wire components		
	Number of threads	Ultimate tensile strength of threads, in N/mm ²	Composition of wire
$B_L < 216$	72	1420 ÷ 1570	6 strands with 7-fibre core
$216 < B_L < 490$	144	1570 ÷ 1770	6 strands with 7-fibre core
$B_L > 490$	216 or 222	1770 ÷ 1960	6 strands with 1-fibre core

Según la carga de rotura, la composición alambre:

Numero de hilos: 72

Tensión de rotura de hilos: entre 1420 -1570 N/mm²

Composición de alambre: 6 hilos con 7 cuerdas de fibra core.

De acuerdo con BV, La longitud de cada línea de amarre puede bajar un 7% de la longitud exigida, con condición de que la longitud total seria mayor que la suma de las longitudes individuales obtenidas con la tabla 7 anterior.

2.1.10. Chigres de remolque

Se trata de un chigre de accionamiento hidráulico de alta presión, con tambor para enrollar 150 m de estacha de 80 mm de diámetro en 5 capas, más 20 m de cable de acero de 36 mm de diámetro. Las características de este equipo son:

- Fuerza de tiro nominal en 1ª capa de 85 kN a 0-30 m/min.
- Embrague de fricción interior con control remoto desembragable en cualquier condición de trabajo con dispositivo de largado rápido
- Freno de cinta con control remoto y accionamiento manual.
- Carga estática de 2000 kN en primera capa.
- Un cabirón de 750 mm de diámetro.
- central hidráulica para control remoto del freno de cinta y embrague.



2.1.11. Gancho de remolque

Para las tareas de remolque, los remolcadores llevan instalados un gancho de remolque que soporta una carga de 80 t. El gancho es hidráulico y cuenta con un sistema de control local y otro a distancia instalado en el puente. El sistema de disparo del gancho también es por control remoto. Como complemento y junto a lado del gancho de remolque, se ha instalado un molinete auxiliar eléctrico más pequeño para la recogida de cabos de menor diámetro.

2.1.12. Bitas

Hay dos tipos de bitas según el papel que desempeñan, unas para hacer firme a las líneas de amarre en la cubierta y otras para el remolque, se colocan en lugares apropiados para ser usadas en diversos casos, se dimensionan según la norma ASEA.

En la cubierta de castillo a proa Se dispone de dos bitas a cada banda.

En la cubierta principal prácticamente en la zona central del barco se instala una bita a cada banda y a popa se instala dos a cada banda. En cambio para remolque se dispone a popa de una bita guía dinámica.

Las bitas deben soportar el doble de la carga de rotura de línea de amarre o de remolque, es decir 196 kN para amarre y 500 kN para remolque.

2.1.13. Gateras

Son elementos que actúan como guías entre los cabos que se han hecho firmes en los norayes de los muelles y las bitas de amarre, el número de gateras suele coincidir con el número de las bitas. Se instalan en las amuradas soldadas en la cubierta de castillo y de la toldilla. Se diseñan con el fin de disminuir el rozamiento y la presión entre gatera y cabo. Se usa las gateras cerradas sin rodillo.

2.1.14. Guía de retorno

Se usan durante las diversas maniobras para resolver el problema de las amarras que trabajan en distintas direcciones. Colocando a esas guías frente a los tambores o cabirones se puede ejecutar los tiros de forma correcta.

2.1.15. Carreteles

Son los tambores donde se arrollan las amarras y funcionan con accionamiento manual



2.2. Sistema de contra incendios

De acuerdo de la regla 2 de SOLAS exige las prescripciones funcionales para la seguridad contra incendios:

- División del buque en zonas verticales principales y zonas horizontales mediante mamparos límite que ofrecen protección térmica y estructural.
- Separación de los espacios de alojamiento del resto del buque mediante mamparos
- Utilización restringida de materiales combustibles
- Detección de cualquier incendio en la zona de origen
- Contención y extinción de cualquier incendio en la zona de origen
- Protección de las vías de evacuación y de acceso para la lucha contra incendios
- Disponibilidad inmediata de los medios de extinción de incendios
- Reducción al mínimo de la posibilidad de ignición de los vapores de las cargas inflamables.

2.2.1. Bombas y colector de contra incendios

- **Bombas contra incendios**

El Número de bombas contra incendios se estima en función del arqueo bruto y el tipo del buque. Como nuestro buque es de carga con un arqueo bruto menor de 1000 t, se instalara dos bombas, una de ellas puede dispone de fuente de alimentación independiente. Las bombas de contra incendios pueden ser de uso múltiple, siempre que no conduzca líquidos inflamables.

En cuanto a la disposición de las bombas de contra incendios, elegimos la opción A, instalando las bombas en espacios independientes.

La capacidad de bombas de contra incendios debe cubrir cualquier circuito de contra incendios a bordo que se pueda alimentar desde el colector de contra incendios, con que la capacidad no sobrepasa de 180 m³/h.

Para buques de carga la capacidad mínima total es en función de la capacidad de sentinas:

$$Q_{CI} = (4/3) Q_{SENT}$$

$$Q_{CI} = 36.7 \text{ m}^3/\text{h}$$



Una vez teniendo la capacidad de contra incendios podemos determinar la capacidad de las bombas correspondiente mediante la fórmula siguiente:

$$Q_{\text{Bomba CI}} = Q_{\text{CI}} / N_{\text{Bombas}} = 36.7 / 2$$

$$Q_{\text{Bomba CI}} = 18.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

La capacidad final de cada bomba es $25 \text{ m}^3/\text{h}$ debido a que la capacidad estimada no es suficiente, otra condición importante que debe cumplir la bomba es que pueda suministrar agua a dos bocas contra incendios simultáneamente.

Las bombas trabajan a una presión de 0.25 N/mm^2 que viene dado por dos condiciones el arqueado bruto y el tipo de barco.

- **Bomba de emergencia**

En el reglamento BV apartado (Pt D, Ch 20, Sec 6 [2.3]) exige una bomba de emergencia de accionamiento independiente, accionada por el motor diesel, dispuesta en local no adyacente con el local donde se dispongan las bombas principales o espacios de categoría A, estará situada por encima de la cubierta de bote en el compartimento de emergencia. La capacidad de la bomba de emergencia es 80% de capacidad de la bomba principal.

$$Q_{\text{emergencia CI}} = 30.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Colector**

El diámetro del colector de CI y de las tuberías de agua de sentinas debe ser suficiente para la distribución eficaz del máximo descarga prescrito respecto a dos bombas de contraincendios funcionando simultáneamente, excepto que en el caso de los buques de carga el diámetro necesita sólo ser suficiente para el desempeño de $140 \text{ m}^3/\text{h}$.

Se obtiene el diámetro del colector por la siguiente fórmula:

$$D = 25 + 1.68 \cdot [L (B + H)]^{0.5}$$

$$D = 69.2 \text{ mm}$$

Donde:

L: eslora entre perpendicular, 37.6 m

D: diámetro de la tubería de aspiración de sentina.

H: puntal hasta la cubierta principal, 6.37 m.



Diámetro los succiones de sentinas:

$$d = 2.16 [c \cdot (B + H)]^{0.5} + 25$$

$$d = 39.4 \text{ mm}$$

Siendo: C= Eslora del compartimento, 2.43 m

2.2.2. Bocas de contraincendios

Se estima el número de bocas de contraincendios con el criterio de que puedan alcanzar a cualquier punto del local, con al menos de dos chorros de agua que no procedan de la misma boca CI, deben estar colocadas cerca de los accesos a los espacios protegidos.

Los reglamentos exigen al menos:

- Dos bocas de CI dispuestas en cámara de máquina
- Dos en la cubierta principal
- Dos en la cubierta de castillo
- Dos en la cubierta de bote.

La presión que debe aguantar una boca de CI para buques de arqueado bruto menor que 6000 t es 0.25 N/mm^2

2.2.3. Mangueras y boquillas de contraincendios

Según los reglamentos de BV en el apartado (Pt C, Ch 4, Sec 6 [1.4]):

Las mangueras de contraincendios son de material no perecedero y aprobado por la Sociedad y deben tener suficiente longitud para proyectar un chorro de agua alcance a cualquiera punto.

Cada manguera estará provista de una boquilla y de acoplamientos necesarios. Las mangueras junto a todos los accesorios y herramientas necesarios, se mantendrán listos para el uso cerca de las bocas contraincendios o conexiones.

Las mangueras contraincendios deben tener una longitud mínima de 10 m, pero no mayor de:

- 15 m en los espacios de máquinas
- 20 m en otros espacios y en cubiertas expuestas
- 25 m para las cubiertas abiertas en los buques con un máximo amplitud en exceso de 30 m.



A menos que se disponga de una manguera con su lanza por cada boca de CI, debe haber intercambiabilidad completa de acoplamiento de manguera y lanzas.

En cuanto al número de mangueras para buques de carga con un arqueo bruto menor de 1000 t, será una por cada 30 m longitud del buque y una de repuesto, el buque se dispone mínimo de tres mangueras.

Los diámetros de boquillas estándar serán de 12 mm, 16 mm y 19 mm o tan próximos a éstos como sea posible:

- En los alojamientos y espacios de servicio, el diámetro debe ser menor de 12 mm.
- En los espacios de máquinas y emplazamientos exteriores, el diámetro de la boquilla debe ser tal que se obtenga el mayor caudal posible con dos chorros a la condición de que el diámetro no sea mayor de 19 mm.
- Las lanzas serán un tipo aprobado de doble efecto (es decir, de tipo aspersor/chorro) con dispositivo de cierre.

2.2.4. Sistemas fijos de extinción de incendios por gas

Se disponen en los espacios que contengan turbinas de vapor o motores utilizados para la propulsión principal o para otros fines que tiene en conjunto una potencia total no inferior a 375 kW.

Para buques de carga de arqueo bruto < 2000 t, el volumen de CO₂ necesario será como valor mínimo el mayor de los siguientes:

- 30% de la suma de los volúmenes de la cámara de máquinas y del guardacalor
- 35% de la suma de los volúmenes de la cámara de máquinas y del guardacalor por debajo de la sección cuya área es igual a 40 % del área de la cámara de máquinas

El mayor espacio de maquinaria es la propia cámara de máquinas, cuyo volumen total es:

$$V_{C.M} = 689.25 \text{ m}^3$$

El volumen del CO₂ será:

$$V_{CO_2} = 35\% V_{C.M}$$

$$V_{CO_2} = 241.24 \text{ m}^3$$

El 85 % del volumen de gas debe poderse descargar en el espacio a proteger en menos de 2 min.



Se toma el CO_2 de una densidad de $0.56 \text{ m}^3/\text{kg}$, el peso sería:

$$P_{\text{CO}_2} = 430.8 \text{ Kg}$$

Sabiendo que cada botella de CO_2 tiene un peso de 45 Kg, el número de botellas será:

$$N_{\text{Botellas CO}_2} = 10$$

2.2.5. Extintores portátiles

En el apartado de BV (Pt C, Ch 4, Sec 6 [2.2]), exige que el buque debe estar provisto de extintores portátiles de tipos adecuados y en número suficiente:

- Dos extintores de espuma o equivalente, pero no menos de uno por cada entrepuente en los espacios de alojamiento al menos.
- Un extintor CO_2 o uno de polvo en la proximidad de cualquier cuadro de distribución eléctrica o de la sección tablero que tiene una potencia de 20 Kw
- Un extintor de espuma o equivalente en cualquier espacio de servicio, donde está instalado el equipo de cocina.
- Un extintor de espuma o equivalente en la proximidad de cualquier pintura o producto inflamable.
- Un extintor de CO_2 o equivalente en el puente de navegación:

La capacidad mínima de los extintores:

Tipo	Capacidad mínima
Agua	9 l
Espuma	9 l
CO_2	5 Kg
Polvo seco	5 Kg

2.2.6. Sistema fijo de extinción de incendios con espuma

Este tipo de sistema es útil para los incendios de los hidrocarburos, debe estar dispuesto en la zona de la cámara de maquinas y donde haya tanques de combustibles, será capaz de descargar rápidamente por orificios fijos con una cantidad de espuma suficiente para llenar el mayor espacio a proteger a una velocidad de al menos 1 m de profundidad por minuto.

La cantidad de líquido espumógeno disponible debe ser suficiente para producir un volumen de espuma igual a 5 veces el mayor volumen del espacio a proteger. La relación de expansión de la espuma será de superar los 1000: 1.



Como nuestro buque tiene en la especificación la cota FIREFIGHTING_E, según la tabla determinada por BV se necesita:

fire-fighting ship E	fire-fighting ship 1	fire-fighting ship 2	fire-fighting ship 3
4 at each side	4 at each side	8 at each side	8 at each side (1)

Teniendo en cuenta la cota F-F1 del servicio de contraincendios exterior de nuestro buque se dispondrá de unos requisitos mínimos:

Equipo	Clase 1
Numero de monitores	2
Capacidad monitores, c/u	1200 m ³ /h
Capacidad total de bombas	2400 m ³ /h
Altura del chorro	45 m
Alcance horizontal del chorro	120 m
Capacidad F.O para monitores	24 h
Conexiones manguera a cada banda	4
Número de equipos de bomberos	4

Se necesitan 4 monitores, 2 para agua y 2 de espumógeno. Cuando la capacidad exigida de cada monitor mayor que 800 m³/h es conveniente el empleo de lanzas independientes, para la máxima efectividad en la proyección del agua sin interferencia con el diseño necesario del espumógeno, entonces la Capacidad total del monitor siendo que la capacidad para cada monitor es de 1200 m³/h es:

$$Q_{\text{monitores}} = 4 \cdot 1200 \text{ m}^3/\text{h} = 4800 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.2.7. Sistema automático de rociadores

La bomba y el sistema de tuberías deben ser capaces de mantener la presión necesaria en el nivel del rociador más alto para asegurar una producción continua de agua suficiente. El sistema debe ser capaz de suministrar un caudal de agua de 5/ min por metro cuadrado sobre un área mínima de 280 m² de superficie a proteger.

Los rociadores se agruparan por secciones, una zona no puede incluir más de 200 rociadores, serán resistentes a la corrosión por el ambiente marino. En alojamiento y espacios de servicio funcionan dentro del rango de temperatura de 68 °C a 79 °C.



2.2.8. Sistemas de detección

Los detectores de humo deben estar instalados en todas las escaleras, corredores y vías de evacuación en los espacios de alojamiento. Se tendrá en cuenta a la instalación especial de detectores de humo a tal efecto en los conductos de ventilación. También se deben instalarles en la zona de cámara de maquinas por las variaciones de temperatura.

La distribución de los detectores exigidos por SOLAS acompañados para cada espacio:

ESPACIO	TIPO
Espacio de maquinaria categoría A	Humo + Calor Llama
Otros espacios de maquinaria	Humo
Espacio acomodación	Humo
Espacio de servicio	Humo
Cocina	Humo + Calor
Pasillo, escaleras y vías de evacuación en acomodación	Humo

Los detectores estarán situados para un rendimiento óptimo. Se deben colocar próximos a baos, conductos de ventilación u otros puntos en que la circulación del aire pueda afectar adversamente a su rendimiento, donde un impacto o daño físico es probable que se evitará. Los detectores colocados en posiciones elevadas quedarán a una distancia mínima de 0,5 m de los mamparos, salvo en pasillos, taquillas y escaleras.

La separación máxima entre los detectores será la indicada en Tabla 3. La Sociedad clasificadora puede exigir o permitir un espaciado diferente a la especificada en la Tabla 3:

Table 3 : Spacing of detectors

Type of detector	Maximum floor area per detector	Maximum distance apart between centres	Maximum distance away from bulkheads
Heat	37 m ²	9 m	4,5 m
Smoke	74 m ²	11 m	5,5 m

En el puente de navegación Se instala alarmas acústicas y visuales de modo que Cuando ocurre un problema se detecta en el puente, la alarma sonará en un lugar donde un miembro responsable de la tripulación se encuentra en servicio.



Limite de activación de los detectores automáticos:

	Interior	Superior
Calor Termoestático	54°C	78 °C
Calor Termovelocitymétrico	1 °C/min	-
Humo	2% Oscurcimiento por metro	12.5 % Oscurcimiento por metro

2.2.9. Equipo de bombeo

El equipo mínimo por reglamentación de la que debe disponer el personal encargado de extinguir un incendio. Estará formado por:

- Indumentaria de protección: protege contra quemaduras y el calor, debe ser impermeable en su parte exterior.
- Botas y guantes: de goma y no electroconductor.
- Casco: para proteger de golpes en la cabeza.
- Hacha
- Linterna
- Aparato respiratorio: ya sea una manguera conectada al exterior o equipo autónomo con autonomía para al menos de 30 minutos.

2.2.10. Conexión internacional a tierra

Se dispondrá en el colector de contra incendios una conexión a tierra para poder suministrar agua al circuito desde el puerto, cuando el buque se encuentra amarrado, en previsión de que los medios de energía del buque se encuentren apagados y por lo tanto los medios de bombeo inoperativo. Esta conexión internacional ira al colector de contra incendios y en ambos costados del buque, montada fija al colector con un ramal de tubería y una brida ciega en el extremo.

Dicha conexión está definida por SOLAS y es igual en todos los buques de modo que se garantiza que se pueda conectar en cualquier puerto del mundo. Para buques con arqueo superior a 500 GT, las dimensiones de esta conexión son:

- Diámetro exterior: 178 mm
- Diámetro interior: 64 mm
- Diámetro circulo de pernos: 4 agujeros de 19 mm equiespaciados
- Espesor : 14.5 mm
- Pernos: 4 juegos de 50 x 16 mm con arandelas



2.2.11. Protección pasiva contra incendios

Según el reglamento de BV (Pt C, Ch 4, Sec 5 [1.4.1]), se trata de restringir a la zona donde se ha producido y permitiendo de este modo su extinción y aislar zonas de alto riesgo de incendios por divisiones de mamparos que deben ser de un material que aguante o limita el incendio. En función de sus características frente al incendio se clasifican en:

Divisiones de clase A, mamparos o cubiertas que son de:

- Acero o material equivalente, convenientemente reforzadas
- Impidan el paso de humo o llamas hasta una hora de duración
- Aislado con material incombustible de manera que la temperatura media de la cara no expuesta no suba más de 139 °C por encima de la temperatura inicial y que ningún punto no suba más de 180 °C :

A 60 60 min

A 30 30 min

A 15 15 min

A 0 0 min

Divisiones de clase B, mamparos o cubiertas, cielos rasos y forros interiores que son de:

- Materiales incombustibles aprobados, material para el montaje y construcción.
- Impidan el paso de humo o llamas hasta una hora de duración.
- Valor de aislamiento de manera que la temperatura media de la cara no expuesta no suba más de 139 °C por encima de la temperatura inicial y que ningún punto no suba más de 225 °C :

B 15 15 min

B 0 0 min

Divisiones de clase C, son materiales incombustibles aprobados, materiales de montajes y de construcción.



Table 5 : Fire integrity of bulkheads separating adjacent spaces in cargo ships

SPACES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Control stations (1)	A-0 [e]	A-0	A-60	A-0	A-15	A-60	A-15	A-60	A-60	*	A-60
Corridors (2)		C	B-0	A-0 [c] B-0	B-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Accommodation spaces (3)			C [a,b]	A-0 [c] B-0	B-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Stairways (4)				A-0 [c] B-0	A-0 [c] B-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Service spaces (low risk) (5)					C	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-0
Machinery spaces of category A (6)						*	A-0	A-0 [g]	A-60	*	A-60 [f]
Other machinery spaces (7)							A-0 [d]	A-0	A-0	*	A-0
Cargo spaces (8)								*	A-0	*	A-0
Service spaces (high risk) (9)									A-0 [d]	*	A-30
Open decks (10)										–	A-0
Ro-ro and vehicle spaces (11)											* [h]

Table 6 : Fire integrity of decks separating adjacent spaces in cargo ships

SPACE below	SPACE above										
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Control stations (1)	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-60
Corridors (2)	A-0	*	*	A-0	*	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Accommodation spaces (3)	A-60	A-0	*	A-0	*	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Stairways (4)	A-0	A-0	A-0	*	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Service spaces (low risk) (5)	A-15	A-0	A-0	A-0	*	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-0
Machinery spaces of category A (6)	A-60	A-60	A-60	A-60	A-60	*	A-60 [i]	A-30	A-60	*	A-60
Other machinery spaces (7)	A-15	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	*	A-0	A-0	*	A-0
Cargo spaces (8)	A-60	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	*	A-0	*	A-0
Service spaces (high risk) (9)	A-60	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0 [d]	*	A-30
Open decks (10)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	–	*
Ro-ro and vehicle spaces (11)	A-60	A-30	A-30	A-30	A-0	A-60	A-0	A-0	A-30	*	* [h]

Note 1: The notes to Tab 5 apply to this Table as appropriate.

2.3. Servicio de Gobierno

Se ha comentado este servicio con más detalles en el cuaderno de predicción de potencia.

2.4. Servicios de Lastre, Achique y Sentinas

Estos servicios se comentaran con más detalles en el cuaderno de la Cámara de Máquinas



2.5. Servicio de Acceso

Los elementos que se incluyen en el servicio de acceso son:

- Escalas
- Puertas, escotillas y tapas de registro
- Acceso a compartimentos

2.5.1. Escalera

Según el reglamento de BV (Pt C, Ch 4, Sec 14 [12.3]) exige sobre las escaleras unas determinadas características:

Las escaleras y los pasillos usados como medios de evacuación no deben ser inferiores a 700 mm en anchura y tendrán un pasamano a un lado, en caso que las escaleras y los pasillos tienen una anchura de 1800 mm deben tener pasamanos en ambos lados.

Las escaleras que permiten el acceso a las diferentes partes de la cámara deben ser metálicas y con rejas equipadas con pasamanos fuertes y seguros, también las chapas del piso de los pasillos en la cámara están hechas de acero con rejas.

El ángulo de inclinación de las escaleras será, en General, unos 45°, pero no mayor que 50°, sin embargo en la cámara de maquinas y los espacios pequeños llega hasta 60°.

2.5.2. Puertas , Escotillas y Tapas de registro

Según el apartado de BV (Pt B, Ch 2, Sec 3) exige con una estanqueidad y rigidez que:

Las puertas que dan acceso a una escalera deberá ser del mismo tamaño que la escalera.

Las puertas que llevan a los espacios de la acomodación tendrán un ancho de 66 cm, sin embargo Las que dan acceso a las zonas de aseo serán de una anchura de 61 cm y con una barredera de altura mínima de 600 mm.

Se considera tres tipos de puertas en función de los estados siguientes:

- Abiertas solo en el mar

Son Puertas que garanticen la integridad y la estanquidad de interior, son tipo deslizante estancas capaz de cerrarse por telemando desde el puente y pueden también accionarse en local. Los indicadores deben ser provistos para el control del estado de la puerta si está abierta o cerrada, también debe disponer de una alarma



sonora para asegurar el cierre de la puerta. En el caso de fallo de alimentación principal debe seguir funcionando

- Normalmente cerradas en el mar

Las puertas y los accesos a las tapas de escotilla normalmente deben estar cerrados en el mar, destinados a garantizar la integridad de estanquidad de las aberturas interiores, deben estar provistos de medios de indicación a nivel local y en el puente que se muestra si estas puertas o tapas de escotilla están abiertas o cerradas.

- Permanentes cerradas

Otros dispositivos de cierre que se mantengan permanentemente cerrado para asegurar la integridad de estanquidad en las aberturas interiores, deberán estar provistos de un aviso de que estará colocado en cada uno de dichos dispositivo de cierre para asegurar que están cerrados.

Las Tapas de registros que están cerrados con pernos no necesitan ser tan marcada.

Según los reglamentos de BV del apartado (Pt B, Ch 2, Sec 1 [6.3]) se establece la distribución de las puertas en La tabla siguiente:

Table 2 : Doors

			Sliding type			Hinged type			Rolling type (cargo between deck spaces)
			Remote operation indication on the bridge	Indicator on the bridge	Local operation only	Remote operation indication on the bridge	Indicator on the bridge	Local operation only	
Watertight	Below the freeboard deck	Open at sea	X						
		Normally closed (2)		X			X (3)		
		Remain closed (2)			X (4) (5)			X (4) (5)	X (4) (5)
Weathertight/ watertight (1)	Above the freeboard deck	Open at sea	X						
		Normally closed (2)		X			X		
		Remain closed (2)						X (4) (5)	

Debajo de la cubierta principal en mamparos estancos:

- Puertas abiertas en el mar: se usa el tipo deslizante con operación remota e indicadores en el puente de gobierno.
- Puertas normalmente cerradas: se usa el tipo deslizante con un indicador en el puente de gobierno.



- Puertas permanentes cerradas: se usa el tipo deslizante o tipo puerta bisagra que solo se accionan en local.

Encima de la cubierta principal, las puertas serán estancas o contra intemperie:

- Puertas abiertas en el mar: se usa el tipo deslizante con operación remota e indicadores en el puente de gobierno.
- Puertas normalmente cerradas: se usa el tipo deslizante o tipo puerta bisagra con sus indicadores en el puente de gobierno.
- Puertas permanentes cerradas: se usa el tipo puerta bisagra que solo se puede accionarse en local.

En la zona del servomotor se usa como acceso dos escalas de gato una a cada banda, deben ser lo más separadas posible.

En cuanto a los accesos a los mamparos laterales, Cuando uno o más de esos mamparos están equipados donde haya tanque. Deben ser provistos de aberturas mayor que 600 x 800 mm y dispuestas para facilitar el acceso de las personas.

Las dimensiones de la escotilla de acceso al fondo deben ser suficientes para permitir que una persona lleve un aparato de respiración autónomo, y que pueda subir o bajar la escalera sin obstrucción y también proporcionar una abertura para facilitar el izado de una persona lesionada desde el fondo del tanque. La dimensión mínima es de 600 mm x 600 mm.

Las bocas de acceso que tiene al menos las dimensiones de 600 mm x 400 mm deben ser dispuestos en los pisos a una altura mínima de 600 mm del forro del fondo chapado. Para proporcionar la facilidad de movimiento en la parte inferior del tanque a lo largo de la longitud y la anchura del tanque.

Las tapas de registro de forro del fondo deben ser estancas y con una dimensión mínima de 400 mm x 400 mm. El número y la ubicación son para estar tan dispuestos como para proporcionar un cómodo acceso a cualquier parte del doble fondo.

2.5.3. Accesos a compartimentos

- Cámara de maquinas: tiene dos accesos uno desde la cubierta principal, mediante una escalera situada a popa, el segundo desde la habitación, a través de una escalera situada a proa.
- Gambuza seca: el acceso es por una puerta situada dentro de la cocina
- Puente: desde la cubierta de castillo, a través del pañol, por escaleras refugiadas de intemperie.
- Taller: desde la cámara de maquinas a través de una puerta



2.6. Sistemas de Salvamento

Para determinar los medios y equipos de salvamento a bordo, son necesarios unos criterios de cálculo que establece SOLAS:

- Tipo de buque: buque de carga
- Eslora: 42.8 m
- Arqueo bruto: 804 GT > 500 GT
- Número de personas: 10 tripulantes y 9 náufragos

2.6.1. Aros Salvavidas

Según la tabla establecida por SOLAS se considera el caso de los buques de carga con eslora menor de 100 m, debe llevar 8 aros de salvavidas:

- Dos aros de salvavidas uno a cada banda con rabiza flotante de longitud mayor de 30 m, dispuestos en la popa de la cubierta principal.
- Dos aros con artefactos luminoso uno a cada banda en la popa de la cubierta de bote.
- Dos aros con artefactos luminoso y señales fumígenas a cada banda en la cubierta de gobierno
- Dos aros normales a cada banda de la cubierta de castillo

2.6.2. Chalecos de Salvavidas

Un chaleco regido para cada persona: para 10 tripulantes será 10 chalecos tipo regidos.

Chalecos suficientes para realizar la guardia: hay tres turnos de guardia para 10 tripulantes, entonces se necesita 3 chalecos de guardia

2.6.3. Botes de rescate

Se necesita un bote de rescate tipo fuera bordo con una capacidad de 5 personas sentadas y uno tumbado.

Para el manejo del bote de rescate se instala un pescante de dos brazos. En la operación de arriado se utiliza con independencia de la energía del buque, la energía hidráulica mediante una botella presurizada, SOLAS establece una velocidad mínima:

$$V_{\min} = 0.4 + (0.02 \times h)$$

$$V_{\min} = 0.53 \text{ m/s}$$



Siendo

h: Distancia desde la cabeza del pescante hasta la flotación en calado mínimo, 6.59 m.

En cambio en la operación del izado es depende de la energía del buque. SOLAS establece una velocidad mínima de izado de 0.3 m/s.

2.6.4. Traje de inmersión

Se toma la opción B de la tabla partiendo de que el buque tiene eslora menor de 85 m y no sea petrolero, gasero o quimiquero, se debe disponer de tres trajes de protección contra intemperie.

2.6.5. Balsas de salvavidas

SOLAS exige para buques de carga de eslora menos de 85 m un número concreto de balsas salvavidas que cubren el 100 % del total de las personas. Teniendo en cuenta el número de personas en total, 19 personas, se necesita dos balsas con una capacidad de 10 personas cada una, dispuesta una a cada banda en la cubierta de castillo.

2.6.6. Aparatos o dispositivos de salvamento

Para buques de carga con arqueo bruto mayor que 500 t se necesita:

- Tres aparatos radiotelefónicos bidireccionales de ondas métricas
- Dos respondedor de radar uno a cada banda.
- Doce cohetes lanza bengalas con paracaídas estibadas en el puente de navegación o cerca.
- Un aparato de lanza cabos
- Una lámpara de señales portátiles disponibles permanentes y que no dependa de la energía del buque

3. Servicio de Carga

Se instala una grúa en la cubierta de botes a lado babor con finalidad de manejo del equipamiento que pueda cargar y operar en la cubierta, es tipo electrohidráulico alimentada por la central electrohidráulica del buque para los servicios del sistema hidráulico para winches y cabrestantes de los servicios de maniobra de los equipos de la lucha contra la contaminación y recogida vertidos.



Estimamos la potencia necesaria teniendo en cuenta el peso de equipamiento de 8000 kg y una velocidad de izado de 0.3 m/s, con un rendimiento mecánico de 0.9:

$$P = F \cdot V / \eta_{\text{mec}}$$

$$P = 26 \text{ kw}$$

4. Servicios de habilitación

4.1. Acomodación

Desde el punto de vista de la eficiencia de la disposición, para alojar 10 tripulantes y 9 personas, la acomodación debe ser diseñada para aprovechar al máximo de la luz y la ventilación natural teniendo en cuenta la altura libre de la acomodación de 2.8 m.

Con una disposición de camarotes y mobiliario de forma que se evita espacios inútiles con dificultades de limpieza. Todos los camarotes tendrán armarios y teléfono interior, tomas para radio y televisión, baños propios con ducha y lavabo, instalación de agua caliente y fría.

La distribución de acomodación será de la siguiente forma:

- Tres camarotes dobles para 6 tripulantes en la cubierta de bote.
- Cuatro Camarotes individuales con oficinas y salones para capitán, jefe de máquinas, oficial y médico en la cubierta de castillo.
- dos camarotes, uno de tres camas doble para 6 náufragos, y el otro de tres camas normales para 3 náufragos en la cubierta principal.
- 1 camarote doble para 2 enfermeras en la cubierta principal

En la cubierta principal se encuentra un comedor con una mesa larga de 10 sillas, a lado del comedor hay una zona de estar que dispone de un salón para diez personas con una mesa pequeña.

A proa de la cubierta de bote se ha puesto un gran salón con dos sofás, otra zona de comer consta de dos comedores cada uno de 8 sillas.



4.2. Aire Acondicionado, Calefacción y Ventilación

- El cálculo de Aire acondicionado y Calefacción

El sistema dispondrá de un equipo y conductos de aire acondicionado capaz al menos de efectuar renovaciones/hora de aire:

- 10 comedor, salón y oficina
- 12 puente de gobierno
- 8 camarotes
- 15 aseos
- 15 cocina
- 15 hospital
- 10 pasillos

Se consideraran las condiciones ambientales:

Verano: interior 25 °C y 60% HR

Exterior 35 °C y 90% HR

Invierno: interior 20 °C y 50% HR

Exterior - 10 °C y 50% HR

Para el cálculo del aire acondicionado y la calefacción se agrupan los locales por tipo y por la temperatura del mismo.

- Calefacción

En cada local se define T_{local} (temperatura a mantener en el local) para lo cual la temperatura de salida de la rejilla debe ser 4°C más alta y la de salida de la unidad de calefacción 4°C más alta aún para compensar pérdidas. A esta temperatura de salida de la central se llama, $T_{central}$, y será igual a T_{local} más 8°C.

Se va a recircular el aire, renovándose un tercio del mismo, con lo que la temperatura de entrada en la central será:

$$T_m = 1/3 \cdot T_{exterior} + 2/3 \cdot T_{local}$$

Con una temperatura exterior de -5, y el calor necesario:

$$q = C \cdot \rho_{aire} C_e (T_{central} - T_m)/3600$$

Donde:

C: caudal de aire



ρ_{aire} : densidad del aire ,1.15 kg/cm².

C_e es el calor específico del aire, 1010 J/ kg·K

Local	Volumen(m ³)	Renovaciones/h	Q(m ³ /h)	T _{local} (°)	T _m (°)	T _{central} (°)	q (w)
Comedor, salón, oficina	239	10	2390	21	12,3	29	12851,8
Puente de gobierno	176	12	2112	21	12,3	29	11356,9
Camarotes	304	8	2432	20	11,7	28	12816,1
Aseos	27,3	15	409,5	19	11,0	27	2113,9
Cocina	48	15	720	17	9,7	25	3561,9
Hospital	29,3	15	439,5	20	11,7	28	2316,1
Pasillos	90	10	900	18	10,3	26	4549,2
Total							49565,9

Es necesario aportar una potencia de 49.6 kw para la calefacción

- Aire acondicionado:

Para el cálculo del aire acondicionado se hará unas suposiciones parecidas a las de la calefacción, pero la temperatura exterior será de 40 °C. En rejilla se debe tener 4 °C menos que en el local y en la central 4 °C menos que en la rejilla.

Local	Volumen(m ³)	Renovaciones/h	Q(m ³ /h)	T _{local} (°)	T _m (°)	T _{central} (°)	q (w)
comedor, salón, oficina	239	10	2390	21	27,3	13	-11052,5
puente de gobierno	176	12	2112	21	27,3	13	-9766,9
camarotes	304	8	2432	22	28,0	14	-10985,2
aseos	27,3	15	409,5	19	26,0	11	-1981,8
cocina	48	15	720	17	24,7	9	-3639,4
hospital	29,3	15	439,5	22	28,0	14	-1985,2
pasillos	90	10	900	18	25,3	10	-4452,4
Total							-43863,5

Por lo tanto, para el aire acondicionado se necesita una capacidad de 43.9 kw



- **Ventiladores de extracción**

El cálculo del caudal de ventilación los siguientes espacios, lo hacemos por el cálculo de renovaciones de aire necesarias y por el volumen de locales:

Local	Volumen(m3)	Renovaciones/h	Q(m ³ /h)
Aseo	27,3	15	409,5
Camarotes	304	10	3040
Cocina	48	30	1440
Lavandería	18,08	20	361,6
Total			5251,1

El caudal total del aire a extraer es 5251.1 m³/h.

Para locales como local del grupo de emergencia y local de CO₂ se usa un electroventilador de impulsión de potencia 0.4 kw.

4.3. Cocina

La cocina ira equipada con los equipos necesarios:

- Una Cocina eléctrica con horno de acero inoxidable.
- Estanterías de acero inoxidable
- Un tostador
- Un microondas
- Un frigorífico
- Cafetera
- Lavavajillas
- Una peladora de patatas
- Una batifora – mezcladora
- Una freidora
- Container para desperdicios

Se estima una potencia total de equipos de cocina de 16 kw

4.4. Lavandería

La lavandería se dispone de los equipos siguientes:

- Dos lavadoras industriales de ropa
- Dos fregaderos de acero inoxidable con tapa de madera
- Una secadora de ropa automática
- Una planchadora
- Un almacén de ropa

Por lo tanto, la potencia total estimada es de 25 kw



4.5. Gambuzas

Son tres tipos gambuza seca, frigorífica y refrigerada, están dispuestas a lado de la cocina. La gambuza seca está equipada con estanterías de acero inoxidable en todo su contorno y hasta tres alturas con una temperatura de funcionamiento de 5 °C, el acceso se realiza a través de una puerta situada en la cocina. Desde la gambuza seca se puede acceder al gambuza frigorífica (-20 °C) y a la refrigerada (-5 °C).

El material de aislamiento de la gambuza frigorífica de los costados, pisos y techos es de espuma de poliuretano, el piso esta forrado con losetas cerámicas. la cámara está dotada de chapa galvanizada perforada. Dispone de puerta aislada con cierre de seguridad. El líquido refrigerante utilizado en esa gambuza es R-22.

4.6. Servicios Sanitarios

4.6.1. Agua dulce

El servicio de agua dulce fría y caliente será para todos los baños, duchas, lavabos, lavandería y sala de maquinas.

El agua dulce se introduce desde el exterior por una toma de agua y se almacena en dos tanques situados en proa. Para que el agua dulce se distribuya por todo el buque tiene que haber un sistema hidróforo. Al tanque hidróforo le llega el agua de los tanques mencionados mediante una bomba que se activa cuando la presión del tanque hidróforo baja de un determinado valor. El sistema hidróforos proporciona presión al agua dulce sanitaria para que esta esté disponible en todo el buque.

El material de la tubería sanitaria será de polipropileno con accesorios de acero inoxidable para conectar a los grifos pasamamparos, etc., estando el conjunto termo soldado que le confirme una estanqueidad sin pérdidas ni fugas.

Las ventanas frontales a popa del puente de gobierno están equipadas con Spray para limpieza.

Para el suministro del agua caliente se instala un calentador eléctrico de potencia de 12 kw mencionado en el cuaderno de cámara de maquinas.

- Equipo Hidróforos

Se elegirá un equipo de presión con acumulador de la marca AZCUE de una capacidad que supere las máximas necesidades posibles de consumo y una presión capaz de llevar el agua dulce desde el tanque almacén a todos los servicios. Se opta, mediante comparativa a otros buques similares, por montar un acumulador de presión con una bomba de 5 m³/h de caudal.



4.6.2. Agua salada

Este servicio es para los inodoros de los aseos y está compuesto por:

- Equipo Hidróforos

Se dispondrá un equipo análogo al de agua dulce, que aspirará de la toma de mar, y se dimensionará de forma análoga a como se ha realizado con la bomba de agua dulce. En este caso habría que considerar la altura de bomba respecto a la línea base de 1.462 m. Al estar sobredimensionada la altura manométrica el equipo anterior es válido.

4.6.3. Aguas residuales

Aguas residuales contienen:

- Drenaje y otros desperdicios de cualquier tipo de inodoros y imbornales WC, aquí designadas como aguas negras
- Drenaje de los establecimientos médicos (dispensario, hospital, etc.) a través de lavabos, tinas de lavado y los imbornales ubicados en dichos locales
- Drenaje de los espacios que contengan animales vivos, u otras aguas residuales cuando se mezcla con los drenajes anteriormente.

Aguas grises contienen:

- Drenaje de lavaplatos, duchas, fregaderos, bañeras y lavabos, lavandería y galeras.

Según el apartado (Pt E, Ch 9, Sec 1) de BV, se exige los siguientes tratamientos de aguas residuales:

Tratamiento avanzado de aguas residuales (AWT), es cualquier tratamiento de aguas residuales que va más allá de la etapa de tratamiento biológico del agua e incluye la eliminación de nutrientes tales como el fósforo, el nitrógeno y un alto porcentaje de sólidos en suspensión.

Efluente de agua AWT estándar corresponde a la tecnología disponible actualmente para plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

El buque debe equipar con una de los siguientes sistemas de aguas residuales:

- Una planta de tratamiento de aguas residuales, debe ser de un tipo homologado de conformidad con las disposiciones de la Resolución de la OMI MEPC.159 (55).
- Una trituración de aguas residuales y un sistema de desinfección equipados con instalaciones para el almacenamiento temporal de las aguas residuales cuando el buque está a menos de 3 millas náuticas de la tierra más próxima.



- Un tanque de retención de capacidad 3.8 m^3 (calculada en el cuaderno de CM) que cumpla con la sociedad de clasificación de la Sociedad, para la conservación de todas las aguas residuales, teniendo en cuenta la explotación del buque y el número de personas en bordo y otros factores relevantes.

5. Servicios de Navegación y Comunicación

El puente de gobierno dispone de control de varios sistemas, uno de ellos son sistemas de comunicación y navegación incluyendo sistema de gobierno o posicionamiento.

5.1. Equipos de Navegación y Radioelectrónicos

El buque se ha de equipar de los siguientes equipos en el puente de navegación que deben cumplir con Sistema Global de Socorro y Seguridad Marítima (GMDSS):

- 1 Compás magnético
- 1 Compás giroscópico
- 1 Compas magistral
- 1 Piloto Automático (Simrad Ap 35)
- Tabla de salvamento y procedimientos de emergencia
- 1 Escandallo de mano
- Corredera de hélice
- Alidada acimutal
- Cartas náuticas
- Megáfono
- Barómetro
- Código internacional señales
- 1 Bocina de niebla y/o campana
- 1 Sistema de identificación automática (AIS)
- 1 GPS (FURUNO GP -33)
- 1 PC-Plotter "Maxea 19"
- 1 Telefonía GMDSS ICOM IC-M-801
- 1 Radiogoniómetro VHF-LSD "SAILOR RT-6222"
- 1 Radiogoniómetro VHF-LSD "RADIO OCEAN RO-4800"
- 1 Receptor de cartas meteorológicas MF/HF "Kenwood TKM-707"
- 1 equipo radiotelefónico bidireccional portátil de VHF
- 1 Receptor NAVTEX
- 1 Sonda "FURUNO FCV 1150"
- 1 Ecosonda
- 1 Sonar "FURUNO CH-37"
- 1 Radar "FURUNO M1934C"
- 1 Respondedor de radar
- 1 Radiobaliza "SAILOR SGE 406II"
- 1 Sistema "SOS SEA MARSAHALL"
- 1 Reloj



5.2. Equipos de comunicación interior

- Un microteléfono VHF con altavoz en el camarote del capitán
- Un altavoz de VHF en el pasillo de camarotes en cubierta principal
- Un tífón neumático MK-75/350
- Telégrafo de órdenes a máquinas tipo botonera
- Un sistema de intercomunicaciones "AMPLIDAM"
- Un equipo de teléfono autogenerado de 3 estaciones.
- Un sistema de timbres de alarma

6. Alumbrado

6.1. Luces de Navegación

El buque se ha de equipar de luces exigidas de acuerdo al Reglamento Internacional Para Prevenir los abordajes en la mar, y para el uso en navegación.

Barcos con menos de 50 m de eslora, deben disponer de las siguientes luces en varias situaciones de navegación:

- **Buque navegando hacia proa:**
 - Luz de Tope, blanca, sector 225º hacia proa, alcance mínimo 5 millas y situada en el palo de luces del puente.
 - Luz de Costado Babor, roja, sector 112.5º a la banda de babor desde crujía, alcance mínimo 2 milla y situada en el lateral de babor del puente.
 - Luz de Costado Estribor, verde, sector 112.5º a la banda de estribor desde crujía, alcance mínimo 2 milla y situada en el lateral de estribor del puente.
- **Luz de alcance y de fondeo:**
 - Luz de Alcance, blanca, sector 135º hacia popa y alcance mínimo 2 millas.
 - Luz blanca visible en el palo de luces, alcance mínimo 2 millas en el caso que el buque está fondeado.
- **Buque navegando hacia popa:**
 - Luz blanca brillante en el palo del techo del puente, mirando hacia popa, de las mismas características y posición que la luz que mira hacia proa.
 - Luz roja en la cubierta botes en Estribor, una VERDE en babor de las mismas características de la de navegación hacia proa.



- **Luces sin gobierno:**

- Dos luces rojas en el palo dispuestas verticalmente en la noche, con alcance mínimo de 2 millas.
- Dos globos negros de 0,6 m de diámetro En el día

- **Luces de remolque**

Cuando el buque este remolcando a otro exhibirá:

- Dos luces de tope en línea vertical. Cuando la longitud del remolque medido desde la popa del buque hasta el extremo de popa del remolque, sea superior a 200 m, exhibirá tres luces de tope, según una línea vertical. Sus características serán las misma que las de tope navegando y su alcance de 2 millas.
- Las luces de costado
- Una luz de alcance hacia popa
- Una luz de remolque en línea vertical y a 2 metros por encima de la luz de alcance hacia popa.
- Una marca bicónica en el lugar más visible, cuando la longitud del remolque sea superior a 200 metros.

Las características de la luz de remolque serán las mismas que las de la luz del alcance pero amarilla con visibilidad de 2 millas.

- **Señales sonoras**

Aunque no sean luces se van a tratar en este apartado por la ligazón existente con las luces de navegación. El buque irá previsto de un silbato eficaz, que suene por medio de aire comprimido y situado de manera que el sonido no pueda ser interceptado por ningún obstáculo, una corneta de niebla que sea sonada por medios mecánicos, y una campana; la corneta y la campana serán suficientemente sonoras.

Con niebla, nevando, fuertes chubascos, brumas, así como cualquier otra circunstancia que disminuya la visibilidad las señales descritas en este artículo se harán del modo siguiente:

- Cuando este navegando: Sonido prolongado con intervalo de 2 minutos como mucho.
- Cuando esté fondeado: repicará la campana durante 5 segundos, cada minuto.
- Cuando este varado deberá repicar la campana cada 5 segundos, precedida y seguida de 3 golpes separados y distintos de la campana.



- Cuando este en faenas (navegando o fondeado), deberá emitir a intervalos no superiores a un minuto, tres sonidos consecutivos: 1 prolongado, seguido de dos breves.

- **Luces supletorias**

El buque llevará dos lámparas eléctricas alimentadas por pilas que permitirán duración de luz normal durante 6 horas y un respeto de cada lámpara de pila y bombillas.

- **Proyector de señales**

Llevará un proyector de señales eficaz que satisfaga las condiciones de las normas de la Regla 11 del Capítulo V, el cual no deberá alimentarse exclusivamente de la fuente principal de energía eléctrica del barco.

Quedando por tanto las siguientes luces de navegación:

- 1 luz (doble) Tope navegación hacia proa: blanca
- 1 luz (doble) Tope navegación hacia popa: blanca
- 2 Luces de remolque: blanca
- 1 Luz de fondeo y varada: blanca
- 2 luces sin gobierno y varadas: Rojas
- 1 Luz maniobra restringida: Blanca
- 1 Luz Morse
- 1 Luz (doble) de Alcance navegación hacia proa: Blanca
- 1 Luz (doble) de Alcance navegación hacia popa: Blanca
- 1 Luz (doble) de remolque: amarilla
- 1 Luz (doble) de costado navegando hacia proa: roja
- 1 Luz (doble) de costado navegando hacia popa: roja
- 1 Luz (doble) de costado navegando hacia proa: verde
- 1 Luz (doble) de costado navegando hacia popa: verde

6.2. Alumbrado interior

El alumbrado general funciona a 220 V se alimentará de un transformador de 380/220. Los puntos de luz interiores serán de tipo fluorescentes tanto en los alojamientos como en la cámara de máquinas, pañoles y puente.

El cálculo de la potencia eléctrica consumida se realizara en el cuaderno de la planta eléctrica.



6.3. Alumbrado exterior

El alumbrado del exterior será del tipo estanco con lámparas incandescentes de 60 W y pantallas fluorescentes (60W) distribuidas como sigue:

- 2 Luces estancas con lámpara incandescente a proa de la superestructura (120 W)
- 2 Luces estancas con lámpara incandescente costado de babor (120 W)
- 1 Pantalla luz estanca sobre puerta habilitación costado de babor (60 W)
- 2 Luces estancas con lámpara incandescente costado de estribor (120 W)
- 1 Pantalla luz estanca sobre puerta habilitación costado de estribor (60 W)
- Se dispondrán además de 5 focos exteriores de 1500 W y uno de 500 W distribuidos para alumbrados con trabajos nocturnos.
- Además incorporara un foco de búsqueda de 1000 W.

Tenemos un consumo total de alumbrado exterior de 480 W y 9000 W con foco de trabajo.

7. Servicio Antipolución

El objetivo es recoger los hidrocarburos del agua. Durante este proceso de recogida se intenta minimizar la cantidad de agua mezclada con el hidrocarburo. Y enviar la mezcla de agua e hidrocarburo recogida a un depósito de almacenaje donde pueda ser tratada posteriormente.

Existen varios medios mecánicos de recogida como:

- Tangones barredores
- Skimmers
- Bombas
- Embarcaciones de recogida

7.1. Sistema oíl Skimmer

Se ha elegido el sistema oíl skimmer de marca FOILEX que permite la recogida y trasvase de hidrocarburos tipo fuel oíl pesados. Alcanza capacidades de succión hasta 140 m³/h y dispone de una bomba hidráulica de tornillo con sistema de doble disco de cierre, TDS (Twin Disc System) de alto factor de eficacia. Este tipo de skimmer alcanza un caudal de recuperación elevado a muy bajas revoluciones. Por tener el sistema un calado reducido, tiene ventaja de intervenir cerca de las costas o en aguas poco profundas. Sin los flotadores, puede ser instalado permanentemente en separadores de petróleo, pozos o tanques.



Los puntos más significativos de este sistema son:

- Dispone de un anillo y estructura flotante que siempre esta paralelo a la superficie del agua.
- Dispone de un conjunto de mangueras: Carretel para recoger las mangueras, Mangueras hidráulicas, Mangueras de descarga y Flotadores hinchables
- Capaz de Compensar automáticamente del balanceo causado por el oleaje.
- Profundidad de trabajo controlada por el caudal de la bomba de aspiración.
- Ligero, robusto, portátil y de muy sencillo manejo.
- Puede utilizarse prácticamente con cualquier tipo de bomba de vacío.

7.1.1. Bombas y Carretel

Se instala Bombas TDS hidráulicas sumergibles con un caudal de $60 \text{ m}^3/\text{h}$ entre 0-100 rpm. Están diseñadas para la descarga o trasvase de productos de alta viscosidad tales como fuel oíl de calefacción o emulsiones. La bomba va montada sobre la estructura triangular de tubos en acero inoxidable equipada con tres flotadores y con la entrada de anillo flotante.

El skimmer está accionado por una unidad de fuerza diesel-hidráulica, vía de unas mangueras hidráulicas. Los hidrocarburos recuperados por los Skimmers son enviados al tanque de almacenamiento a través de la manguera de descarga. Las mangueras se mantienen flotando y unidas por los flotadores hinchables, y se recogen fácilmente en el carretel que trabaja a 150 t gracias al sistema de doble tambor con conexiones rápidas en el centro.

7.1.2. Tanques de recogida y Tanques de Dispersante

De acuerdo con la especificación del proyecto, el buque dispone de Tres tanques de almacenamiento con una capacidad total de 61.6 m^3 , el tanque dispone de una válvula de presión o de vacío que cumple con las normas MARPOL, y otra para exhaustación de los gases. Se dispondrá de una máquina de limpieza a presión con agua caliente que permitirá limpiar los tanques de residuo.

El buque dispone de un tanque de dispersante con una capacidad de 18.4 m^3 de densidad de $0,9 \text{ t/m}^3$, está situado en la cubierta del doble fondo a lado estribor.

El sistema dispersante está formado por:

- Un conductor
- Una unidad de mezclado y dos barras pulverizantes a cada banda.



8. Referencias

- Apuntes de Sistemas y equipos a bordo II. Jesús panadero Pastrana y Alfonso López de Asiain
- Taggart, R. Ship Design and Construction.
- Rules for the classification of Steel Ships, Bureau Veritas
- López Piñeiro, A., “Iluminación. Sistemas eléctricos y electrónicos a bordo”. Madrid 2012, E.T.S.I.Navales.
- Normativas de SOLAS
- www.foilex.com



Cuaderno 08:

Planta eléctrica

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun

Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción.....	2
2. Distribución eléctrica a bordo.....	3
1.1. Potencia, tensiones y frecuencias utilizadas.....	3
1.2. Sistemas de distribución a bordo.....	4
3. Estimación de la potencia eléctrica requerida por cada consumidor.....	5
3.1 Alumbrado.....	6
3.1.1 Iluminación interior.....	6
3.1.2 Luces de navegación y señales, iluminación de recintos exteriores.....	10
3.1.3 Proyectores.....	10
3.1.4 Alumbrado de emergencia.....	10
3.2 Equipo de comunicación y navegación.....	10
4. Determinación de las diferentes situaciones de carga eléctrica.....	11
5. Servicios no esenciales.....	11
6. Balance eléctrico.....	13
7. Número de grupos generadores, y el régimen de utilización de los grupos principales, de emergencia y de puerto.....	16
7.1 Numero de grupos generadores.....	16
7.2 Generador de emergencia.....	17
8. Cuadros eléctricos de distribución.....	18
8.1 Transformadores.....	18
8.2 Cuadro principal.....	18
8.3 Cuadro de emergencia.....	19
8.4 Cuadros Secundarios.....	20
8.5 Cuadros de Luces de Navegación.....	20
8.6 Arrancadores.....	20
9. Diagrama unifilar.....	20
9.1 Cables eléctricos.....	20
10.Referencias.....	22



1. Introducción

En este cuaderno se trata de definir La planta eléctrica como un conjunto de generadores eléctricos, generalmente maquinas síncronas o alternadores y sus motores. Por motivos de fiabilidad y seguridad, la potencia eléctrica se reparte en tres grupos:

- Planta o fuente de energía eléctrica principal:

Compuesta por dos electrógenos o simplemente formada por un motor diesel acoplado directamente a un alternador. Su potencia debe ser tal que permita el funcionamiento normal de la instalación y debe asegurar las condiciones mínimas de habitabilidad, como servicios de cocina, calefacción e instalación sanitaria...etc.

- Planta de emergencia:

Su misión es suministrar la energía eléctrica necesaria para alimentar todos los servicios que sean esenciales para la seguridad en caso de emergencia. También se denomina de 'socorro'. Puede estar formada, bien por un grupo diesel-alternador autónomo con sistema de arranque propio, o por una batería de acumuladores.

- Fuente transitoria:

Es necesario en los buques de carga en los que la entrada de la planta de emergencia no esté automatizada. Este fuente Está compuesta por uno o varios sistemas de baterías capaces de iluminar las vías de evacuación y determinados equipos utilizados en las comunicaciones de emergencia durante media hora. También debe ser capaz de suministrar iluminación continua durante el corto espacio de tiempo, desde que se produce un 'black out' falta de energía, hasta que arranca el grupo de emergencia y alimenta a sus consumidores.

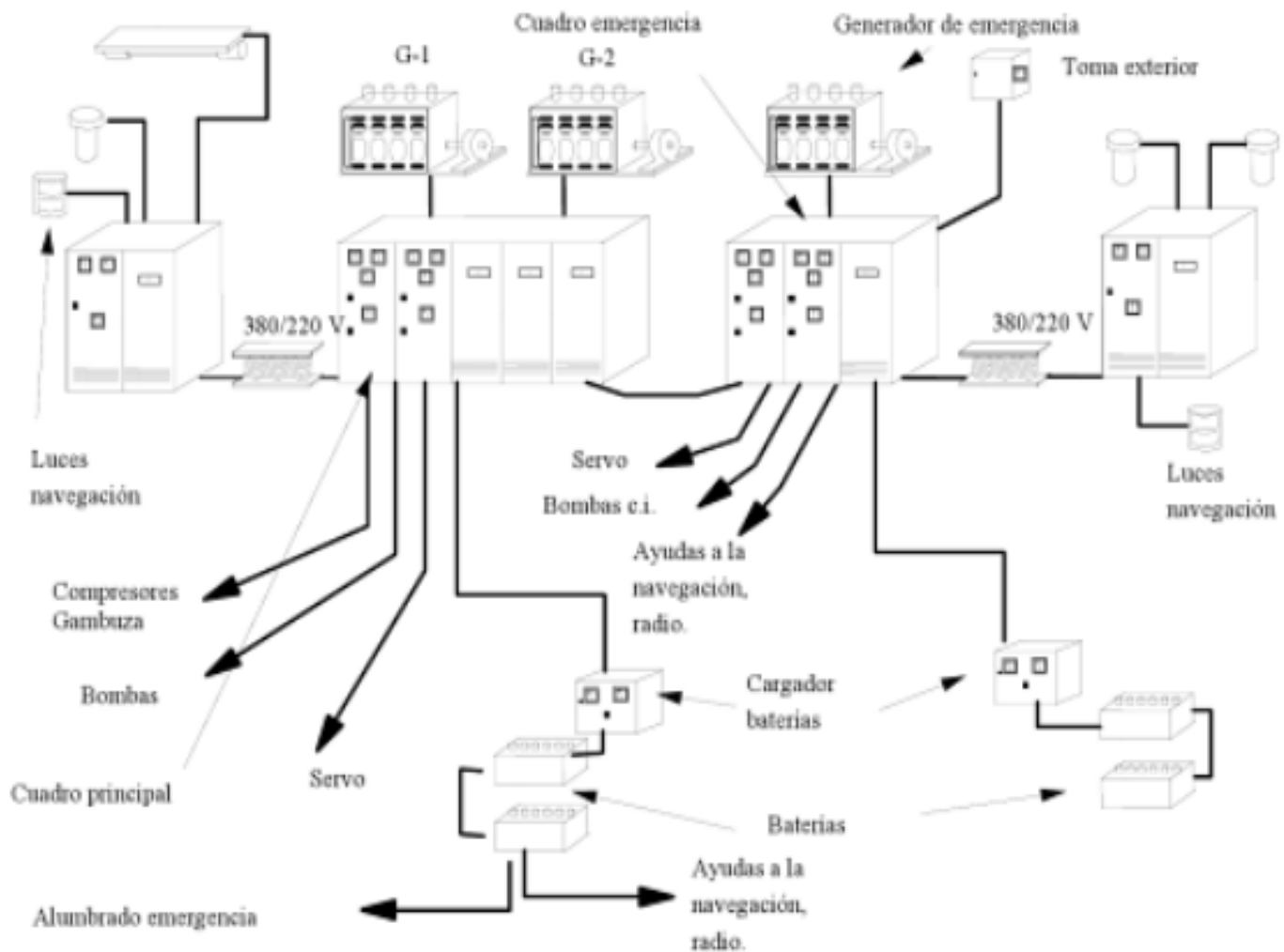
Después de dar una definición de la planta eléctrica, se hará una estimación de la energía consumida para dimensionar la planta y determinar el número de los generadores, estudiando los consumidores en las diferentes situaciones de carga. Análogamente el balance en el caso de la planta de emergencia.

Se hará un estudio sobre la red de distribución y del conjunto de los elementos o consumidores que forman parte del diagrama unifilar.



2. Distribución Eléctrica a bordo

El objetivo del sistema de distribución consiste, precisamente, en asegurar el suministro de energía eléctrica a los distintos consumidores existentes a bordo, con la máxima seguridad y con un coste razonable.



2.1. Potencia, Tensiones y Frecuencias utilizadas

De acuerdo con la norma UNE 21-135/201, las tensiones y frecuencias normalizadas utilizables son:

- Tensión de seguridad: menor de 50 V
- Baja tensión: entre 50 y 500 V
- Media tensión: entre 500 y 1000 V
- Alta tensión: la que supera los 1000 V



La parte fundamental de las redes de distribución comprende las de baja tensión, con dos sub-redes:

- La de fuerza, generalmente a 400 V- 50 Hz, 480 V -60 Hz y 690 V. Se encarga de la alimentación de los consumidores de mayor potencia como los motores.
- La de alumbrado, el valor más utilizado de la tensión es 230 V (en monofásica). además del alumbrado en si (interior, exterior y de navegación) alimenta los pequeños consumidores de la zona de habilitación, los sistemas de control y la mayoría de los equipos electrónicos.

Respecto a las tensiones y frecuencias en corriente alterna a bordo, las combinaciones utilizadas en trifásica son 380 V- 50 Hz y 440 V – 60 Hz. Para nuestro caso se ha elegido la primera por lo que es de uso común en Europa.

En corriente continua, son usuales tensiones de 24, 110 y 220 V. Las instalaciones en continua se puede usarlas en buques de baja potencia y remolcadores.

2.2. Sistemas de distribución a bordo

Existen dos formas diferentes de conectar los devanados de un generador, en estrella y en triángulo.

El primero nos permite distribuir la corriente utilizando cuatro conductores, mientras que el segundo solo permite la distribución con tres conductores. Al final la distribución utilizada a bordo se basa en una red trifásica, existiendo solo líneas terminales en monofásica para pequeños consumidores.

Por otra parte, según el tipo de conexión del neutro, se obtienen tres tipos o sistemas de distribución:

- Neutro aislado(flotante)
- Conexión real del neutro a tierra
- Conexión del neutro a tierra limitada

El sistema utilizada en las redes de baja tensión en tierra es el segundo, de tal forma que los consumidores de 380 V se conectan entre fases y los de 220 V entre una fase y neutro. Sin embargo, a bordo, el sistema más utilizado es el sistema de 'neutro aislado' de tres conductores (trifilar).



3. Estimación de la Potencia eléctrica requerida por cada consumidor

Para determinar la potencia eléctrica que debe suministrar el buque, tenemos que estimar la potencia de los diferentes equipos y servicios que se han determinado anteriormente en los cuadernos 'Equipos y Servicios' y 'Cámara de Maquinas'

Para algunos equipos las potencias vienen dadas por el fabricante, en caso de que se necesita determinar, se debe tener en cuenta que hay dos tipos de potencias la potencia consumida o absorbida en bornes y la potencia eléctrica suministrada que se mide en el eje, la diferencia entre ambas es por el efecto de rendimiento mecánico y rendimiento eléctrico del motor:

$$P_e = P_c / (\eta_m \cdot \eta_e)$$

Siendo

P_e : potencia eléctrica

P_c : potencia consumida

η_m : rendimiento mecánico del equipo, en caso de una bomba es rendimiento hidráulico

η_e : rendimiento eléctrico del motor que acciona el equipo

Los consumidores que se deben estimar sus potencias son los siguientes:

- Equipos de gobierno y maniobra
- Auxiliares de maquinaria
- Equipo de contraincendios
- Equipo de antipolución
- Equipo de remolque
- Equipo de salvamento
- Auxiliares de casco
- Ventilación y aire acondicionado
- Equipo de comunicación y navegación
- Alumbrado, Iluminación
- Fonda y hotel
- resto

En el cuadro de balance eléctrico donde se presenta más adelante todos los consumidores que han sido definidos en otros cuadernos o se han estimado a partir de datos de buques similares.



3.1. Alumbrado

De acuerdo con las normas aplicables, los buques deberán ir provistos de una instalación principal de alumbrado que ilumine todas las partes del buque accesibles normalmente a la tripulación y una instalación de emergencia alimentada por la fuente de energía de emergencia.

El alumbrado consiste en:

- Iluminación interior
- Luces de navegación y señales
- Proyectores
- Alumbrado de emergencia

3.1.1. Iluminación interior

En esta parte se trata de calcular la iluminación en locales con una condición de que la iluminación sea uniformemente distribuida. Hay distintos métodos de calcular la iluminación, uno de ellos es el método de los lúmenes que se basa en el cálculo del flujo luminoso que llega a la superficie de trabajo, considerando un local rectangular.

Este proceso se realiza siguiendo los siguientes pasos:

Obtención del índice, que representa la relación de esbeltez del local, mediante la siguiente expresión:

$$k = a \cdot b / h \cdot (a+b)$$

a, b, h; son dimensiones del local

Se ha mencionado anteriormente que el flujo llega a la superficie de trabajo a una altura de 0.85 m del suelo, resulta que la altura h final es:

$$h = h' - 0.85$$

Partiendo del valor del índice k se debe saber el tipo de reflexión de paredes y del techo, se considera una reflexión mínima. Con estos dos datos y el tipo de la luminaria se obtiene de una tabla el factor de utilización de cada local F_u .

Nos falta por considerar el factor de mantenimiento F_m , es depende de la frecuencia de la limpieza del local y de la luminosidad de las lámparas por envejecimiento. Se toma F_m de 0.8, considerado que un buque recién construido debe tener locales limpios.



En cuanto a la luminaria, existen como fuentes principales de luz a bordo:

- Las Lámparas de incandescencia
- Las lámparas de descarga como, tubos fluorescentes, lámparas de vapor de mercurio y lámparas de vapor de sodio.

La luminaria elegida es de tipo tubulares fluorescentes estándar de alta eficacia 75 lm/w y de rendimiento de 0.03.

La iluminancia requerida de cada local (ϵ) se estima comparando con otros barcos, nos queda por calcular el flujo luminoso para obtener luego la potencia de la iluminación:

$$\Phi = \epsilon \cdot (a \cdot b) / (F_u \cdot F_m)$$

Finalmente se llega a calcular la potencia activa consumida, teniendo en cuenta el rendimiento de las lámparas y sus balastos. La expresión a utilizar es:

$$P = \Phi / \eta_l$$



Resumiendo todo el cálculo en la tabla siguiente:

Espacios	a(m)	b(m)	h(m)	ϵ (lux)	K	Fm	Fu	Φ (lm)	η (w/lm)	P(w)
Puente de gobierno	7.11	7.29	2.8	40	1.85	0.8	0.58	4468.3	0.03	134.0
Cubierta de castillo										
Camarote de j de maquinas	4.2	4.21	2.8	200	1.08	0.8	0.46	9609.8	0.03	288.3
Camarote de capitán	4.2	4.21	2.8	200	1.08	0.8	0.46	9609.8	0.03	288.3
Camarote de oficial	3.24	2.48	2.8	200	0.72	0.8	0.4	5022.0	0.03	150.7
Oficina de oficial	3.24	1.89	2.8	200	0.61	0.8	0.31	4938.4	0.03	148.2
Camarote de medico	3.24	2.48	2.8	200	0.72	0.8	0.4	5022.0	0.03	150.7
oficina de medico	3.24	1.89	2.8	200	0.61	0.8	0.31	4938.4	0.03	148.2
Pasillo	4.17	1.39	2.8	150	0.53	0.8	0.31	3505.8	0.03	105.2
Zona de popa	4.87	7.6	2.8	40	1.52	0.8	0.52	3558.8	0.03	106.8
Guarda calor babor	2.46	1.36	2.8	100	0.45	0.8	0.31	1349.0	0.03	40.5
Guarda calor estribor	2.46	1.36	2.8	100	0.45	0.8	0.31	1349.0	0.03	40.5
Cubierta de bote										
Camarote	2.97	3.88	2.8	150	0.86	0.8	0.4	5401.7	0.03	162.1
Camarote	3	3.59	2.8	150	0.84	0.8	0.4	5048.4	0.03	151.5
Camarote	4.3	4.05	2.8	150	1.07	0.8	0.4	8163.3	0.03	244.9
Camarote	4.04	4.38	2.8	150	1.08	0.8	0.4	8294.6	0.03	248.8
Salón	2.3	6.68	2.8	250	0.88	0.8	0.4	12003.1	0.03	360.1
Comedor	4.25	4.27	2.8	250	1.09	0.8	0.46	12328.5	0.03	369.9
Cocina	3.99	4.6	2.8	200	1.10	0.8	0.46	9975.0	0.03	299.3
Gambuza refrigerada	1.39	1.69	2.8	100	0.39	0.8	0.31	947.2	0.03	28.4
Gambuza seca	1.39	2	2.8	100	0.42	0.8	0.31	1121.0	0.03	33.6
Gambuza frigorífica	3.21	1.63	2.8	100	0.55	0.8	0.31	2109.8	0.03	63.3
Generador de emergencia	3.25	2.77	2.8	300	0.77	0.8	0.4	8439.8	0.03	253.2
Guarda calor	3.25	1.83	2.8	100	0.60	0.8	0.31	2398.2	0.03	71.9
Local de aire acondicionado	3.65	1.63	2.8	200	0.58	0.8	0.31	4798.0	0.03	143.9
Pasillo	13.3	1.2	2.8	150	0.56	0.8	0.31	9653.2	0.03	289.6
Cubierta principal										
Camarote de enfermeras	3.04	3.21	2.8	150	0.80	0.8	0.4	4574.3	0.03	137.2
Hospital	3.22	3.14	2.8	400	0.82	0.8	0.4	12638.5	0.03	379.2
Panol de hospital	1.58	3.99	2.8	150	0.58	0.8	0.31	3813.0	0.03	114.4
Camarote de enfermos	4.2	4.56	2.8	150	1.12	0.8	0.46	7806.5	0.03	234.2
Camarote para náufragos	5.18	4.75	2.8	150	1.27	0.8	0.5	9226.9	0.03	276.8
Aseos	1.9	3.94	2.8	150	0.66	0.8	0.31	4527.8	0.03	135.8
Comedor y salón	3.72	5.18	2.8	250	1.11	0.8	0.5	12043.5	0.03	361.3
Lavandería	2.29	2.82	2.8	200	0.65	0.8	0.31	5207.9	0.03	156.2
Almadén de ropa	2.29	2.24	2.8	100	0.58	0.8	0.31	2068.4	0.03	62.1
Panol de cubierta	2.41	2.82	2.8	100	0.67	0.8	0.31	2740.4	0.03	82.2
Local co2	2.41	2.36	2.8	100	0.61	0.8	0.31	2293.4	0.03	68.8
Pasillo	13.7	1.2	2.8	150	0.57	0.8	0.31	9943.5	0.03	298.3



Morgue	3.01	2.13	2.8	200	0.64	0.8	0.31	5170.4	0.03	155.1
Aire acondicionado	3.74	2.13	2.8	200	0.70	0.8	0.4	4978.9	0.03	149.4
Guarda calor babor	3.05	2.13	2.8	100	0.64	0.8	0.31	2619.6	0.03	78.6
Guarda calor estribor	3.05	2.13	2.8	100	0.64	0.8	0.31	2619.6	0.03	78.6
Zona de chigre	7.07	5.36	2.8	40	1.56	0.8	0.52	3643.8	0.03	109.3
Bajo la cubierta principal										
Panol de proa	3.6	3.45	2.8	100	0.90	0.8	0.46	3375.0	0.03	101.3
Cabina de control	2.4	5.06	2.8	100	0.83	0.8	0.31	4896.8	0.03	146.9
Panol de popa	4.77	3.99	2.8	100	1.11	0.8	0.5	4758.1	0.03	142.7
Taller	4.77	3.99	2.8	600	1.11	0.8	0.5	28548.5	0.03	856.5
Local del servo	6	11.46	2.8	100	2.02	0.8	0.58	14819.0	0.03	444.6
Local de hélice de proa	1.74	4.82	2.8	100	0.66	0.8	0.31	3381.8	0.03	101.5
Cámara de maquinas	16.8	8.51	2.8	450	2.90	0.8	0.64	125655.5	0.03	3769.7

En total la potencia consumida del alumbrado es de 12.8 Kw, con una tensión de 220 V que se alimenta de un transformador de 380/220.



3.1.2. Luces de Navegación y Señales, Iluminación de Recintos Exteriores

- Luces de navegación y señales

En el cuaderno de equipos y servicios se ha procesado los detalles de las luces de navegación y señales.

La potencia consumida estimada es de 2000 W.

- Iluminación de recintos exteriores

Se ha dado también los detalles en el cuaderno de equipos y servicios, tiene un consumo total de 480 W.

3.1.3. Proyectoros

Se dispondrá de 4 proyectoros de 1000 W cada uno para alumbrado de trabajos nocturnos, dispuestos de la forma siguiente:

- Un proyector orientable sobre el puente
- Dos proyectoros de cubierta en popa en la zona de trabajo
- Un proyector de cubierta en proa

Por lo tanto tendremos un total de 4000 W

3.1.4. Alumbrado de emergencia

En caso que el alumbrado general deja de asegurar la iluminación, se encenderá automáticamente mínimos puntos de alumbrado de emergencia, estos puntos será para:

- Pasillos y escaleras
- Puntos en la cubierta de bote
- Indicadores luminosos
- Proyectoros
- Iluminación de cámara de maquinas
- Iluminación del puente

El consumo estimado de potencia para este servicio es de 5 kW

3.2. Equipo de comunicación y navegación

La descripción detallada del equipo de comunicación y navegación se ha realizado en el cuaderno de equipos y servicios. Estos equipos se alimentan por la tensión de distribución normal o a baja tensión por medio de transformadores.

Se estima un consumo total de potencia de los dos equipos de 6 kW



4. Determinación de las diferentes situaciones de carga eléctrica

Cada estado de carga presenta una situación del buque, en la que el consumo de energía eléctrica por los distintos consumidores se considera prácticamente constante. Los estados de carga son:

- Navegación libre

En esta situación el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario para atender todos los servicios normales del buque.

- Remolque

Situación en la que el consumo es el correspondiente a los consumidores que funcionan durante la operación de remolque.

- Antipolución y contra incendios

Situación en la que el consumo es el correspondiente a los consumidores que funcionan durante la tarea de lucha contra un incendio o durante la recogida de aguas oleaginosas.

- Maniobra

Situación en la que el consumo es el correspondiente a los consumidores que funcionan a la entrada/salida del puerto y los consumidores normales del buque.

- Puerto

Situación en la que sólo están en funcionamiento los servicios del buque ajenos a la propulsión.

5. Servicios no esenciales

Los servicios no esenciales son aquellos cuyo fallo no afectará a la operación segura del buque, son los siguientes servicios:

- Servicio de refrigeración
- Servicio de ventilación
- Servicio de aire comprimido
- Servicios sanitarios
- Servicio de habilitación, cocina



Estos servicios representan unos consumidores que nos hace falta todavía para estimar la potencia de cada uno:

Servicio no esenciales	
Equipos/servicio	consumidor
Servicio de refrigeración	B.agua salada puerto
	B.agua dulce puerto
Servicio de aire comprimido	Compresor
Servicio de ventilación	Aire acondicionado sala de control
Servicios ecológicos	Planta tratam. Aguas residuales
	B.A.D. Sanitaria caliente
Servicio de habilitación	B.circulación refrigerante
	Compresor A.A.
	Cocina



6. Balance eléctrico

A la hora de realizar la tabla de los consumidores según las diferentes situaciones de carga, contaremos con el denominado coeficiente de servicio cuyo valor será uno u otro dependiendo de si el consumidor en estudio estará funcionando de forma continua o no y a pleno régimen:

$$K_u = K_n * K_{sr}$$

Siendo:

- K_n : coeficiente de simultaneidad, que se utiliza debido a la existencia de equipos de reserva. Se calcula dividiendo el número de unidades en servicio entre el número de unidades instaladas.
- K_{sr} : coeficiente de servicio y de régimen, representa el grado de probabilidad que una máquina esté trabajando a su máxima potencia, y en consecuencia que absorba de la red la potencia P_c .

El cálculo del balance se basa primero en determinar la potencia unitaria P_u de cada consumidor. A la hora de instalar un consumidor se estima cuantas unidades instaladas y cuantas deben estar en servicio, por lo que se exige al equipo tener alguna unidad de repuesto, por si pasa algún fallo.

Partiendo del coeficiente de utilización y el número de las unidades del consumidor que están en servicio con la potencia unitaria, se estima la potencia absorbida de la siguiente forma:

$$P_{abs} = P_u \cdot (n^0 \text{ en servicio}) \cdot K_u$$

Una vez teniendo las potencias activas totales de cada situación de carga, se hallara la potencia aparente considerando el factor de potencia de 0.8.



Situación de carga				Navegación		Remolque		CI-Antipo		Maniobra		Puerto	
Consumidores	Unidades	Servicio	Pu (kW)	Ku	P(kW)	Ku	P(kW)	Ku	P(kW)	Ku	P(kW)	Ku	P(kW)
Servicio de combustible													
Bomba de trasiego combustible	1	1	2.8	0.8	2.24	0.8	2.24	0.2	0.56	0.6	1.68	0.2	0.56
Purificadora del combustible	1	1	1.2	0.8	0.96	0.8	0.96	0.2	0.24	0.6	0.72	0	0
Bomba manual de emergencia	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				3.2		3.2		0.8		2.4		0.56	
Servicio de lubricación													
Bomba de trasiego de aceite	1	1	0.9	0.8	0.72	0.8	0.72	0.2	0.18	0.6	0.54	0.2	0.18
Purificadora de aceite	1	1	1.2	0.8	0.96	0.8	0.96	0.2	0.24	0.6	0.72	0	0
				1.68		1.68		0.42		1.26		0.18	
Servicio de refrigeración													
Bombas de agua dulce	2	1	12	0.6	7.2	0.6	7.2	0.2	2.4	0.4	4.8	0.2	2.4
Bombas de agua salada	2	2	15	0.6	18	0.3	9	0.2	6	0.3	9	0.2	6
Bombas de reserva de agua dulce	2	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bombas de reserva de agua salada	2	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intercambiador de AD/AS	1	1	4.5	0.6	2.7	0.6	2.7	0.2	0.9	0.2	0.9	0.2	0.9
				27.9		18.9		9.3		14.7		9.3	
Servicio de aire comprimido													
Compresores de aire de arranque	2	1	7	0.8	5.6	0.6	4.2	0.2	1.4	0.6	4.2	0	0
Compresor de aire de emergencia	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				5.6		4.2		1.4		4.2		0	
Servicio de sentinas y lastre													
Bomba de sentinas	2	2	9	0.4	7.2	0.2	3.6	0.2	3.6	0.2	3.6	0.2	3.6
Separador de sentinas	1	1	2	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4
Bomba de lodos	1	1	1.2	0.6	0.72	0.6	0.72	0.2	0.24	0.6	0.72	0.2	0.24
Bomba de lastre	1	1	5.1	0.2	1.02	0.2	1.02	0.2	1.02	0.2	1.02	0	0
				9.94		5.74		5.26		6.34		4.24	
Servicio sanitario													
Bomba de A.D sanitaria	1	1	1.5	0.5	0.75	0.5	0.75	0.4	0.6	0.5	0.75	0.2	0.3
Calentador de agua	1	1	12	0.7	8.4	0.5	6	0.5	6	0.5	6	0.2	2.4
Bomba para aguas grises	1	1	1.2	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.3	0.36	0.5	0.6
				9.75		7.35		7.2		7.11		3.3	
Servicio de habitación													
Cocina	1	1	16	0.4	6.4	0.2	3.2	0.1	1.6	0.1	1.6	0.2	3.2
Lavandería	1	1	25	0.4	10	0.2	5	0.1	2.5	0.1	2.5	0.2	5
Calefacción	1	1	49.6	0.7	34.72	0.7	34.72	0.7	34.72	0.7	34.72	0	0
				51.12		42.92		38.82		38.82		8.2	
Alumbrado													
Iluminación interior	1	1	12.8	0.8	10.24	0.8	10.24	0.8	10.24	0.8	10.24	0.8	10.24
Luces de navegación y señales	1	1	2	0.5	1	0.5	1	0.2	0.4	0.5	1	0	0
Iluminación de recintos exteriores	1	1	0.48	0.5	0.24	0.5	0.24	0.5	0.24	0.5	0.24	0.5	0.24



Proyectores	1	1	4	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.1	0.4
Alumbrado de emergencia	1	1	5	0.2	1	0.2	1	0.2	1	0.2	1	0.2	1
Equipo de navegación y comunicación	1	1	6	0.8	4.8	0.8	4.8	0.8	4.8	0.8	4.8	0.4	2.4
					19.28		19.28		18.68		19.28		14.28
Servicio de ventilación y extracción													
Aire acondicionado	1	1	43.9	0.7	30.73	0.7	30.73	0.7	30.73	0.7	30.73	0.7	30.73
Ventilador de cámara de maquinas	2	2	7	0.8	11.2	0.8	11.2	0.6	8.4	0.8	11.2	0.4	5.6
Ventilador de extracción habilita	2	2	3.8	0.8	6.08	0.8	6.08	0.4	3.04	0.8	6.08	0.2	1.52
					48.01		48.01		42.17		48.01		37.85
Servicio de remolque y de cubierta													
Molinete de anclas	1	1	17.5	0	0	0	0	0	0	0.8	14	0.5	8.75
Chigre de remolque	1	1	80	0	0	0.8	64	0	0	0.2	16	0	0
Grúa	1	1	27.9	0	0	0	0	0.4	11.16	0.2	5.58	0.2	5.58
Pescante	1	1	14.3	0	0	0	0	0.8	11.44	0	0	0	0
					0		64		22.6		35.58		14.33
Servicio CI y antipolución													
Bomba de CI	2	2	6.4	0	0	0	0	0.9	11.52	0	0	0	0
Bomba monitor CI	2	2	5	0	0	0	0	0.9	9	0	0	0	0
Bomba de CI de emergencia	1	1	5.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bomba de sikemmer	1	1	37.6	0	0	0	0	0.9	33.84	0	0	0	0
					0		0		54.36		0		0
Potencia activa													
Total(kW)					176.5		215.3		201		178		92.2
Potencia aparente (kVA)					220.6		269.1		251.3		222.5		115.3



7. Número de grupos generadores, y el régimen de utilización de los grupos principales, de emergencia y de puerto.

7.1. Numero de grupos generadores

Una vez teniendo los valores de las potencias activas y de las potencias aparentes obtenidas en el balance eléctrico, se elige la situación de carga de la mayor potencia para estimar la potencia mínima necesaria, en este caso la potencia máxima es de 215.3 kW en situación de remolque, en teoría debe cubrir todas las necesidades del buque en todas las situaciones de carga eléctrica.

La planta eléctrica principal debe estar constituida, al menos, por 2 grupos generadores para garantizar el servicio en caso de que falle uno, y que su régimen de funcionamiento cumple en las distintas situaciones, se considera los generadores con un rendimiento de 0.92.

Situación de carga	Navegación	Remolque	CI-Antipo	Maniobra	En puerto
P(kW)	176.5	215.3	201	177.7	92.2
P mec (kW)	191.8	234.0	218.5	193.2	100.2
gen GUASCOR 1500 rpm					
E212T-SG 239 kW	80.3%	97.9%	91.4%	80.8%	41.9%
E212TA-SG 258 kW	74.3%	90.7%	84.7%	74.9%	38.8%
F180TB-SG 240 kW	79.9%	97.5%	91%	80.5%	41.8%
F180TB-SG 265 kW	72.4%	88.3%	82.5%	72.9%	37.8%

Detrás de la búsqueda se ha encontrado varios generadores como se observa en la tabla, se elegirá uno en cuanto que el valor de la potencia mínima necesaria sea admisible dentro de régimen de 70% a 90% del MCR, según este criterio el generador elegido es GUASCOR F180TB-SG 1500 rpm de 240 Kw, en total son 2 generadores por reglamentos como se ha mencionado anteriormente.

Se suele distribuir la potencia total necesaria (215.3 Kw) a la condición de carga más desfavorable (situación de puerto 92.2 Kw) en un número n de generadores de igual potencia, de tal forma que (n-1) generadores puedan suministrar dicha potencia, con que su régimen de funcionamiento este dentro de la zona ideal. Ante esta situación se ha de llamar la Sg a la potencia nominal de cada generador y St_{max} a la mayor obtenida en el balance, y ver si la potencia Sg cumple con la condición siguiente:

$$Sg (n-1) > St_{max}$$

$$243 (2-1) > 215.3 \text{ kw}$$



7.2. Generador de Emergencia

En los buques de carga de arqueado bruto inferior a 5000 t deben disponer de una fuente autónoma de energía de emergencia, constituida por un grupo diesel-alternador de arranque rápido autónomo (menos de 45 segundos de tiempo de arranque y de disposición de carga) y que tenga una capacidad suficiente para los servicios que la administración pueda considerar necesarios, esa capacidad debe durar mínimo un periodo de tres horas.

Para el cálculo de la potencia nominal, se debe realizar un balance eléctrico en la condición de emergencia considerando que los consumidores correspondientes pueden funcionar todos a la vez, y tomando el coeficiente de utilización $K_u = 1$.

En muchos buques se dimensiona el grupo de emergencia por el grupo de puerto, pero en nuestro caso lo más conveniente es hacer un estudio de la situación de emergencia y compararla con la situación de puerto para ver cual es más exigente, y ver cuál de ellas manda más potencia.

La potencia nominal del grupo de emergencia debe cumplir la condición:

$$S_g > P_{te} / 0.8$$

La fuente de energía de emergencia en este caso se ha optado un generador accionado por un motor apropiado, con alimentación independiente de combustible con un punto de inflamación mayor de 43 grados.

Este generador de emergencia deber alimentar los siguientes consumidores:

- Alumbrado de emergencia
- Luces de navegación y señales
- Equipo de comunicación y navegación
- Ventilación y extracción
- Bomba de CI y otra de achique
- Sistema de detección de incendios y alarmas
- servomotor

Consumidores de emergencia	Pot (kw)
Alumbrado de emergencia	5
Luces de navegación y señales	2
Navegación y comunicación	6
Bomba de CI de emergencia	5.7
Ventilación /extracción	10.8
Compresor de aire arranque	3
Bomba manual de emergencia	1
bomba de achique	9
Total	42.5



La potencia de emergencia necesaria es mucho menos que la potencia necesaria del puerto, lo que lleva a cabo que el dimensionamiento de la planta de emergencia será independiente de la situación de puerto. Para elegir el generador partiendo de la potencia necesaria y considerando un rendimiento de 0.92, y que el factor de potencia será de 0.8 para obtener la potencia aparente.

Potencia necesaria	42.5 kw
Potencia mecánica	46.2 kw
Potencia aparente	57.8 kVA

El grupo de emergencia seleccionado es PERKINS 4.4 TGM de 1500 rpm con potencia de 56.4 Kw. Y Con una régimen de utilización de 81.9%.

8. Cuadros eléctricos de distribución

Los cuadros eléctricos tienen forma de caja, en cuyo interior se disponen diversos equipos de aparamenta o control. Generalmente tienen el fondo total o parcialmente abierto y en los laterales o en el fondo nos podemos encontrar con abertura adecuadas para el paso de los cables y barras. El cuadro debe estar ventilado por lo que puede tener transformadores.

8.1. Transformadores

El buque se dispondrá de 3 transformadores, 2 principales y 1 de emergencia, los dos primeros se instalan en la cámara de maquinas son de 380/220 V y de 16 kVA cada uno, son para suministrar a los consumidores de 220 V que se alimentan directamente del cuadro principal. El tercer transformador de emergencia de 18 kVA es para los consumidores de 220 V que se alimentan a través del cuadro de emergencia, este transformador está instalado en el comportamiento del generador de emergencia en la cubierta de bote.

Los transformadores serán del tipo seco, de refrigeración natural por aire y protección IP 23. Los arrollamientos deberán estar tratados para resistir humedad, ambiente marino y vapores de aceite.

8.2. Cuadro principal

El cuadro principal suele situarse en la cabina de control de la cámara de maquinas, y cerca de los generadores.



La misión del cuadro principal es múltiple:

- Ser el punto de conexión de los distintos generadores a la red, incorporando su aparamenta de protección, medida y, en parte, de regulación.
- Alojar los elementos del equipo de sincronización, reparto de cargas y protección general.
- Incorporar los elementos de distribución de primer nivel de la red, incluyendo sus instrumentos de medida y aparamenta de protección.
- Incorporar los convertidores de medida analógica y digital que sirven para transmitir el estado de la planta eléctrica al sistema de automatización.

En el cuadro principal nos encontramos los siguientes elementos:

- Los instrumentos de medida como, vatímetros, voltímetros, amperímetros, frecuencímetro y fasímetros, etc.
- Elementos de control, lámparas de señalización, alarmas visuales y sonoras. Estos elementos y los de medida también son necesarios para fiscalizar el correcto funcionamiento de los generadores.
- Los mandos utilizados para regular manualmente la frecuencia y el voltaje de la corriente generada
- Los interruptores principales tipo aire circuit breaker (ACB), se trata de interruptores de potencia situados en el panel correspondiente a cada generador e intercalados entre este y las barras. Su misión es conectar y desconectar el generador de la red.
- Relés de protección, son para evitar sobrecargas, cortocircuito, potencia inversa, mínima tensión o frecuencia, fallos en la excitación y por ultimo fallo en el motor.
- Barras, sirven para realizar la conexión entre los módulos
- Interruptores principales, se trata de interruptores de potencia situados en el módulo de cada generador y conectados entre éste y las barras. Su misión es conectar y desconectar el generador de la red y, sobre todo, proteger al generador y al resto de la red.
- Módulo de sincronización, su misión es que la conexión de un grupo a barras cuando ya están otros funcionando, se realice de forma suave.

8.3. Cuadro de emergencia

Este cuadro está ubicado en el mismo compartimento que el grupo de emergencia y cuenta con conexión a los siguientes elementos:

- Grupo de emergencia
- Servicios de emergencia de fuerza (380 V)



- Transformador y red de alumbrado de emergencia normalmente a 220 V
- Conexión al cuadro principal

8.4. Cuadros Secundarios (220V 50Hz)

Se instalarán los cuadros secundarios y de cajas de distribución que sean necesarios, de las cuales, partirán los servicios de las diferentes secciones del buque. Las cajas de distribución, excepto en los camarotes y acomodación, serán estancas.

8.5. Cuadros de Luces de Navegación

En el puente de gobierno se montará el cuadro de luces de navegación, provisto de interruptores y fusibles para todas las luces reglamentarias.

Las luces de doble lámpara, se alimentarán desde el cuadro principal a través de un rectificado, y en caso de necesidad (black-out) se conmutará automáticamente el cuadro de bajo voltaje 24V alimentado por el grupo de emergencia

Se adecuará un selector de luces en la consola del puente de gobierno. La instalación estará provista de un sistema de alarma (acústica y óptica) para indicación de fallo de cualquiera de las luces.

8.6. Arrancadores

Se instala en cajas metálicas con protección IP-23, disponiendo de pulsadores y luces indicadoras en el exterior de la tapa. Se dispondrá preferentemente de arrancadores tipo estrella triángulo.

9. Diagrama unifilar

Se trata de una representación simplificada de un circuito que muestra la forma de trabajo y la estructura de la instalación eléctrica, teniendo en cuenta únicamente sus elementos esenciales.

9.1. Cables eléctricos

En las distintas partes de la norma UNE 21-135 se especifican las características que deben cumplir los cables marinos.

Los cables estándar marinos deben ser flexibles y resistentes al fuego en cuanto a la transmisión de la señal deben ser del tipo multiconductor apantallado.

En la actualidad existe tres tipos de más usados, de gomabutilo, ERP y XLPE, el ultimo será una opción optima para buque proyecto.



El diseño del cable debe tener en cuenta los aspectos de colocación como:

- Un mínimo recorrido con objeto de reducir los costes de adquisición, instalación y las pérdidas.
- Unos recorridos y protección que reduzcan al máximo el riesgo de accidentes y que la alimentación a servicios esenciales no se interrumpa por un accidente localizado.
- Un recorrido compatible con otros servicios y una división en zonas o tramos que permita al máximo una construcción modular para el astillero
- Procurar que no haya interferencias entre los cables de potencia y señal

Entrando en aspectos de detalle de la colocación de los cables, para sujetarles lo más corriente es utilizar bandejas de chapa de acero galvanizada y perforada, se sujeta el cable a la bandeja por medio de bridas o grapas.

La intensidad nominal del cable para los generadores principales de potencia aparente de 303.8 kVA para cada uno, será:

$$I_n = S_g / (380 \cdot 3^{1/2}) = 2 \cdot 303800 / (380 \cdot 3^{1/2})$$

$$I_n = 923 \text{ A}$$

En caso del generador de emergencia también se hará una estimación del cable eléctrico, partiendo de la potencia nominal del alternador de emergencia de 70.5 kVA:

$$I_n = S_g / (380 \cdot 3^{1/2}) = 70500 / (380 \cdot 3^{1/2})$$

$$I_n = 107 \text{ A}$$



10. Referencias

- Electricidad Aplicada al Buque. López Piñeiro, Amable. Publicaciones E.T.S.I.N.
- Apuntes de Sistemas eléctricos y electrónicos A bordo, iluminación a bordo. López Piñeiro, Amable
- Apuntes de Electricidad aplicada a los buques - Javier Martín Juan, Francisco Javier Martín Pérez



Cuaderno 09:

Resistencia estructural

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun

Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Justificación de Materiales.....	3
3. Justificación del tipo de estructura.....	5
4. Cálculos de resistencia local. Escantillonado. Cargas en cubiertas...8	
4.1 Escantillonado.....	8
4.1.1 Continuidad estructural.....	8
4.1.2 Fondo.....	10
4.1.3 Quilla.....	12
4.1.4 Doble fondo.....	13
4.1.5 Costado y Pantoque.....	15
4.1.6 Cámara de maquinas.....	19
4.1.7 Cubierta principal.....	20
4.1.8 Cubierta del castillo y superestructuras.....	27
4.1.9 Escantillonado de los mamparos.....	30
5. Escantillonado de Cartelas.....	32
5.1 Unión superiores.....	32
5.2 Uniones inferiores.....	33
6. Espesores y Módulos finales.....	34
6.1 Adición de espesor debido a la corrección.....	34
6.2 Modulo de Refuerzos.....	36
7. Modulo de Cuaderna Maestra.....	37
7.1 Tensión normal en la cuaderna maestra.....	38
8. Referencias.....	43



1. Introducción

En este cuaderno se analiza la estructura del buque en tres partes: popa, parte central y proa. Para cada parte se describe las características de los elementos más significativos, y se determinan de acuerdo con los requisitos de la reglamentación. Al final se calcula el modulo de la maestra.

Para un diseño estructural optimo el escantillonado del buque debe cumplir con los requisitos de la parte B desde el capitulo 5 hasta 9 del reglamento de "Bureau Veritas", de acuerdo también con la especificación de proyecto.

Por otra parte se hará el cálculo estructural y el escantillonado de la cuaderna maestra usando el programa "Mars 2000 " de la sociedad de clasificación B V para obtener un escantillonado mas aproximado.



2. Justificación de Materiales.

En la tabla siguiente se muestra las características mecánicas de los aceros usados actualmente en la construcción de barcos (Pt B, Ch 4, Sec 1):

Table 1 : Mechanical properties of hull steels

Steel grades $t \leq 100$ mm	Minimum yield stress R_{eH} , in N/mm ²	Ultimate minimum tensile strength R_m , in N/mm ²
A-B-D-E	235	400 - 520
AH32-DH32-EH32 FH32	315	440 - 590
AH36-DH36-EH36 FH36	355	490 - 620
AH40-DH40-EH40 FH40	390	510 - 650
Note 1: Ref.: NR216 Materials and Welding, Ch 2, Sec 1, [2]		

Para en remolcadores se suele utilizar material tipo acero de calidad A con un límite elástico mínimo de 235 N/mm², no es de proporcionar alta resistencia debido en remolcadores no será necesario comparando con otros buques grandes de carga como los portacontenedores (límite elástico mínimo de 460 N/mm²)

Se aplica varios grados de acero (clase A, AH y H) dependiendo de los tipos de elementos estructurales.

Para cada acero tiene su factor de materia, viene clasificado en una tabla (Pt B, Ch 4, Sec 1):

Table 2 : Material factor k

R_{eH} , in N/mm ²	k
235	1,00
315	0,78
355	0,72
390	0,68

Para un límite elástico de 235 N/mm²: $k = 1$



Para evitar el desgaste debido a los esfuerzos de la operación en la zona de remolque de la cubierta principal, es conveniente poner por encima de la chapa de acero un revestimiento del material Sándwich de núcleo PVC (Espuma de poli cloruro de vinilo de densidad 60 kg/m^3), es de mayor espesor y baja densidad que proporciona relación rigidez/peso y resistencia/peso muy optimas.

Se conoce una estructura sándwich como aquella formada por dos pieles o láminas delgadas exteriores (no necesariamente del mismo espesor y material) que encierran un núcleo de mayor espesor y baja densidad íntimamente unidos entre sí, generalmente por una capa de adhesivo capaz de transmitir cargas axiales y de cortadura hacia y desde el núcleo y que hace que el sándwich se comporte como una estructura continua.

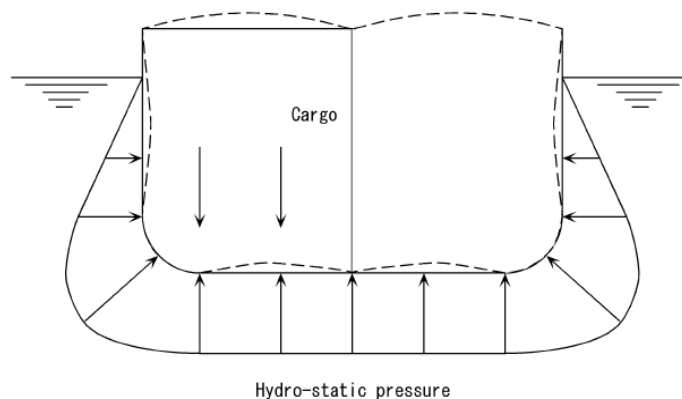
Cada una de las partes del sándwich (básicamente pieles y núcleo) tiene una misión estructural distinta para aportar adecuadas propiedades mecánicas al conjunto. Los revestimientos o pieles absorben los esfuerzos de flexión y cargas aplicadas en su plano. Son los que proporcionan prácticamente la totalidad de la rigidez a flexión del sándwich. El núcleo separa las pieles entre sí para aumentar la inercia a flexión de las mismas respecto a un eje o línea neutra y soporta los esfuerzos de cortadura. Aumentando la distancia entre las pieles se obtiene un aumento de la rigidez a flexión.



3. Justificación del tipo de estructura

El tipo de estructura se diseña depende las condiciones o las fuerzas a que está sometido el casco. Como se ha comentado en el cuaderno de disposición general, para buques de eslora inferior de 65 m, no tienen problemas de resistencia longitudinal como arrufo o quebranto, sin embargo están sometidos a fuerzas transversales de compresión alrededor de la sección transversal del casco. Los problemas de la resistencia transversal son cargas que provocan distorsiones en los miembros y sección transversales debido al desequilibrio de cargas externas e internas, incluyendo el peso estructural y el peso de cargas. Estas cargas son independientes de las cargas longitudinales, son las siguientes:

- Peso de las estructuras, el peso del agua de lastre y carga de peso: Son cargas constantes independientes del tiempo, inducidas por la gravedad en los centros de gravedad de cada una.
- Las cargas hidrostáticas e hidrodinámicas: La carga hidrostática es la presión estática del agua que rodea una sección transversal, actúa sobre la estructura del casco como una carga externa. Otra carga externa es la carga hidrodinámica inducida por la interacción entre las olas y el movimiento del buque y también por la carga hidrostática.

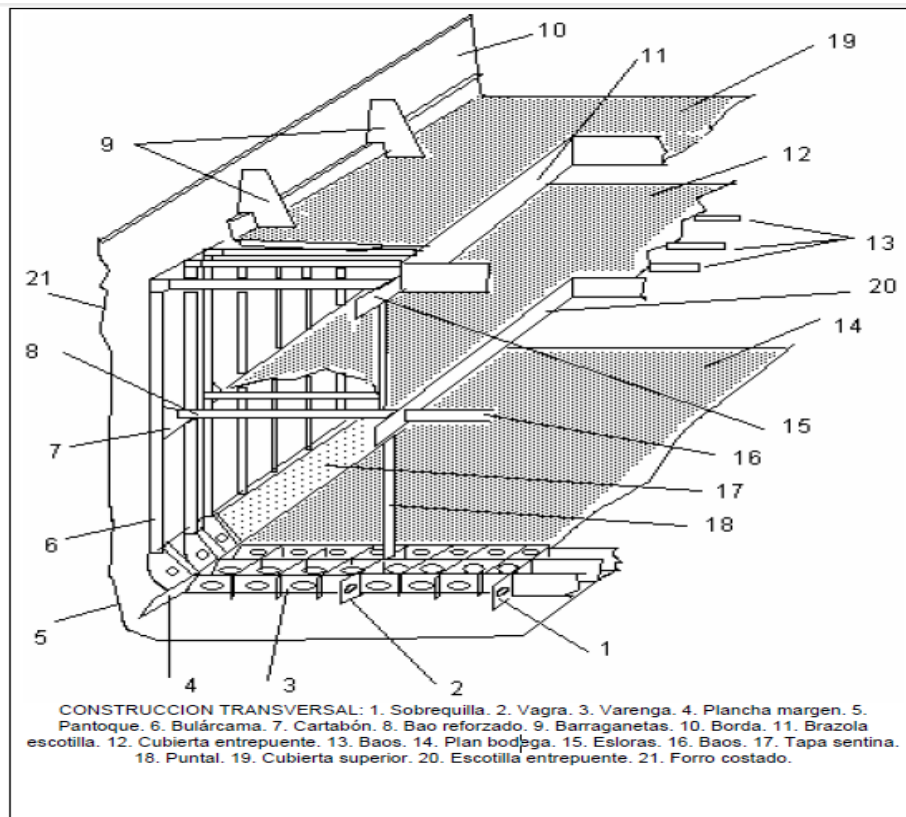


- Fuerza de inercia de la carga o de lastre debido al movimiento del buque: es La fuerza inducida por la reacción de peso propio de esas cargas debido a la aceleración del movimiento del buque. Esas cargas tienen movimiento cíclico en la dirección transversal.
- Cargas de impacto: Existen dos cargas de impacto clasificados como resistencia a la flexión, son Slamming y chapoteo. Slamming es un impacto generado tras de golpeteos del agua al forro exterior del buque severamente. En cambio el chapoteo es un fenómeno en el que el movimiento de fluido en el tanque se pone en resonancia con el movimiento del barco y se crea una fuerza de



impacto entre el libre movimiento de la superficie del fluido y la estructura del tanque.

En este caso se recomienda una estructura transversal con algunos elementos longitudinales para conseguir mayor rigidez.



Para proporcionar más resistencia a la estructura ya que los fondos debieron hacerse más planos. Se añade por encima de la quilla barra llamada sobrequilla cuya misión es reforzar. Las cuadernas sobre el costado se unen con la quilla por elementos transversales denominados varengas. Para dar rigidez del fondo se introduce elementos longitudinales paralelos a la quilla denominados vagras. Estos elementos llegan hasta la zona donde las varengas se unen a las cuadernas (curvatura del pantoque). Encima de toda esta estructura se colocan planchas que forman el denominado doble fondo.

En la zona de los costados, las cuadernas del sistema transversal son reforzadas con un perfil longitudinal que se denomina palmejar, lo cual va soldado a aquellas y corre de proa a popa. También se colocan las bulárcamas alternando con las cuadernas, son elementos de resistencia transversal, que forman secciones reforzadas con las varengas y baos reforzados, y son soportes eficaces del forro exterior del costado.



La cubierta va apoyada sobre perfiles transversales denominados baos, colocados de babor a estribor y que unen las cuadernas de cada costado por su parte superior. Para dar más resistencia a la estructura donde se apoya la cubierta se colocan perfiles longitudinales soldados a los baos, que corren de proa a popa y que se denominan esloras.

En este tipo de construcción transversal, todos los elementos que corren de babor a estribor son continuos mientras que los elementos longitudinales de refuerzos que corren de proa a popa se colocan trozos soldados a los citados elementos transversales.

Como inconvenientes de este tipo de estructuras transversales aparecen la dificultad en la realización de las distintas uniones, se queda vanos no reforzados que provocan perdida de rigidez entre cuadernas. Sin embargo, tienen como ventajas frente a otras estructuras que son más resistentes a la presión lateral de agua.



4. Cálculos de Resistencia Local. Escantillonado. Cargas en Cubiertas.

Antes de empezar el escantillonado se necesita determinar los parámetros correspondientes:

- Eslora entre perpendiculares: es la distancia entre la intersección de la línea de flotación en proa y entre la línea de eje del propulsor.

$$L_{pp} = 37.2 \text{ m}$$

- Puntal trazado

$$D = 6.37 \text{ m}$$

- Calado de escantillonado: Es 85% del puntal trazado

$$T = 85\% D$$

$$T = 5.41 \text{ m}$$

- Eslora de la línea de carga

Es la 96% de la eslora de flotación desde la parte superior de la quilla a calado de 85% del puntal (puntal mínimo trazado es una distancia vertical medida desde la parte superior de la quilla hasta la parte superior de la cubierta de francobordo) (Pt B, Ch 1, Sec 2).

$$L = 96\% LWL_{85\% D}$$

$$L = 40 \text{ m}$$

- Manga de trazado: es la manga máxima, $B = 12 \text{ m}$

4.1. Escantillonado

4.1.1. Continuidad estructural

En cuanto al escantillonado debe asegurar una continuidad estructural entre distintos elementos estructurales del buque (entre popa y proa y espacio de la cámara de maquinas, conexiones entre los refuerzos), manteniendo una variación gradual entre espesores para evitar las concentraciones de tensión acumuladas en zonas críticas.

Las aberturas se deben evitar en donde haya zonas de alta tensión. En el caso que no se puede, se debe diseñar de forma especialmente y bien redondeada los bordes para reducir los factores de concentración de esfuerzos.



En la siguiente tabla vienen determinados los espesores de distintos elementos estructurales según reglamentos VB (Pt B, Ch 8, Sec 3 [2.2.1]).

Table 2 : Minimum net thickness of plating

Plating	Minimum net thickness, in mm
Keel	$4,3 + 0,029 L k^{1/2} + 4,5 s$
Bottom	
• longitudinal framing	$2,3 + 0,026 L k^{1/2} + 4,5 s$
• transverse framing	$3,3 + 0,026 L k^{1/2} + 4,5 s$
Inner bottom	
• outside the engine room (1)	$1,5 + 0,026 L k^{1/2} + 4,5 s$
• engine room	$3,0 + 0,026 L k^{1/2} + 4,5 s$
Side	
• below freeboard deck (1)	$3,1 + 0,017 L k^{1/2} + 4,5 s$
• between freeboard deck and strength deck	$3,0 + 0,004 L k^{1/2} + 4,5 s$
Inner side	$1,7 + 0,013 L k^{1/2} + 4,5 s$
Weather strength deck and trunk deck, if any (2)	
• area within 0,4L amidships	
- longitudinal framing	$2,1 + 0,032 L k^{1/2} + 4,5 s$
- transverse framing	$2,1 + 0,040 L k^{1/2} + 4,5 s$
• area outside 0,4 L amidships (3)	
• between hatchways	$2,1 + 0,013 L k^{1/2} + 4,5 s$
• at fore and aft part	$2,1 + 0,013 L k^{1/2} + 4,5 s$
Cargo deck	
• general	$9,7 s k^{1/2}$
• wheeled load only	4,5
Accommodation deck	$1,3 + 0,004 L k^{1/2} + 4,5 s$
Platform in engine room	$1,7 + 0,013 L k^{1/2} + 4,5 s$
Transverse watertight bulkhead (4)	$1,3 + 0,004 L k^{1/2} + 4,5 s$
Longitud. watertight bulkhead (4)	$1,7 + 0,013 L k^{1/2} + 4,5 s$
Tank and wash bulkhead (4)	$1,7 + 0,013 L k^{1/2} + 4,5 s$



4.1.2. Fondo

Está formado por tracas de planchas iguales dispuestas en sentido longitudinal de anchura de $s = 1000$ mm. Las tracas más importantes son la de la quilla y el pantoque.

Espesor mínimo de la plancha de fondo de proa y de popa

$$t = 2 + 0,017 L k^{1/2} + 4,5 s$$

$$t = 7 \text{ mm}$$

Espesor mínimo de la plancha del fondo del cuerpo cilíndrico

$$t = 3.3 + 0.026 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 9 \text{ mm}$$

El doble fondo dispone de una vagra central y una vagra lateral, espaciadas con una separación de $s = 1400$ mm. Mientras las varengas estarán espaciadas con la misma clara de cuadernas, $s = 600$ mm.

Las varengas se disponen de refuerzos verticales espaciados con una clara de 700 mm.

Espesor del refuerzo

$$t = 1.5 L^{1/3} k^{1/6}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Siendo: k , factor del material, 1.

Modulo de refuerzo viene determinado en el apartado de BV (Pt B, Ch 8, Sec 4 [3.4.3]):

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{12 (R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_{x1})} \left(1 - \frac{s}{2\ell} \right) s \ell^2 10^3$$

$$w = 18.8 \text{ cm}^3$$

Donde:

s , clara entre refuerzos, 700 mm.

ℓ , longitud del refuerzo, 1140 m.

R_y , Límite elástico mínimo, toma el valor de 235 kN/m^2 .

σ_{x1} , tensión normal para refuerzos que contribuyen la resistencia longitudinal



$$\sigma_{x1} = \frac{100}{k} \left(1 - \frac{z}{0,5D} \right) \text{ for } 0 \leq z \leq 0,5D$$

$$\sigma_{x1} = \frac{100}{k} \left(\frac{z}{0,5D} - 1 \right) \text{ for } 0,5D < z \leq D$$

Se toma como valor mínimo 65 kN /m², sin embargo para refuerzos ordinarios no se contribuye la tensión longitudinal, en este caso debe ser tomado igual a 0.

β_b , coeficiente depende de cuantos elementos de unión, se toma el valor 0.81 .

Table 2 : Coefficients β_b and β_s

Brackets at ends	β_b	β_s
0	1	1
1	0,90	0,95
2	0,81	0,90
Note 1: The length of the brackets is to be not less than 0,1 ℓ .		

m , coeficiente de limite es depende si los refuerzos son transversales o longitudinales

p_s , p_w : presión del agua y presión de la ola en kN /m², se sacan de la siguiente tabla según los reglamentos BV (Pt B, Ch 9, Sec 1 [2.3.3]):

Table 3 : Still water and wave pressures

Location	Still water sea pressure p_s , in kN/m ²	Wave pressure p_w , in kN/m ²
Bottom and side below the waterline: $z \leq T$	$\rho g (T - z)$	$\rho g h_1 e^{\frac{-2\pi(T-z)}{L}}$
Side above the waterline: $z > T$	0	$\rho g (T + h_1 - z)$ without being taken less than 0,15 L
Exposed deck	Pressure due to the load carried (1)	$19,6 n \phi_1 \phi_2 \sqrt{H}$
<p>(1) The pressure due to the load carried is to be defined by the Designer and, in any case, it may not be taken less than 10 $\phi_1 \phi_2$ kN/m², where ϕ_1 and ϕ_2 are defined hereafter.</p> <p>The Society may accept pressure values lower than 10 $\phi_1 \phi_2$ kN/m² when considered appropriate on the basis of the intended use of the deck.</p> <p>Note 1:</p> <p>ϕ_1 : Coefficient defined in Tab 4</p> <p>ϕ_2 : Coefficient taken equal to:</p> <ul style="list-style-type: none"> $\phi_2 = 1$ if $L \geq 120$ m $\phi_2 = L/120$ if $L < 120$ m <p>$H = \left[2,66 \left(\frac{x}{L} - 0,7 \right)^2 + 0,14 \right] \sqrt{\frac{VL}{C_B}} - (z - T)$</p> <p>without being taken less than 0,8</p> <p>V : Maximum ahead service speed, in knots, to be taken not less than 13 knots.</p>		



$$p_s = \rho g (T - z)$$

$$P_w = \rho g h_1 e^{-2\pi (T - z)/L}$$

Siendo:

- ρ : densidad de agua del mar, 1.025 t/m³
- g : aceleración de gravedad, 9.81 m/s²
- L : eslora de flotación de escantillonado, 40 m
- T : calado de escantillonado, 5.41
- z : altura de la carga, 1.87 m
- h_1 : valor de referencia del movimiento relativo, 3.23 m

$$P_s = 35.57 \text{ KN /m}^2$$

$$P_w = 18.61 \text{ KN /m}^2$$

γ_{s2} , γ_{w2} , γ_m , γ_R , son Coeficientes parciales de seguridad depende del tipo de los elementos de estructurales, vienen en la siguiente tabla (Pt B, Ch 9, Sec 1 [2.1.1]):

Partial safety factors covering uncertainties regarding:	Partial safety factors			
	Symbol	Plating	Ordinary stiffeners	Primary supporting members
Still water pressure	γ_{s2}	1,00	1,00	1,00
Wave induced pressure	γ_{w2}	1,20	1,20	1,20
Material	γ_m	1,02	1,02	1,02
Resistance	γ_R	1,20	1,40	1,60

4.1.3. Quilla

La anchura de la quilla viene determinada en los reglamentos de Bureau Veritas (Pt B, Ch 4, Sec 4 [1.3.1]):

$$b = 0,8 + 0,5 \frac{L}{100}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Espesor mínimo de la plancha de la quilla

$$t = 4.3 + 0.029 L k^{1/2} + 4.5 \text{ s}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

Siendo:

s , anchura del panel de la quilla $b=1000 \text{ mm}$.



4.1.4. Doble fondo

a. Planchas

El forro del doble fondo está formado por planchas soportadas por varengas transversales que están espaciadas entre ellas con una clara de $s = 600$ mm. La mayoría de las varengas son ligeras excepto las que están unidas a los mamparos transversales son estancas, esto debido a que se mantenga la continuidad estructural.

En buques de manga inferior a 20 m se exige una vagra central y otra lateral a cada lado del buque. En total serán cuatro vagras espaciadas con 2600 mm.

Espesor mínimo de la plancha fuera de la cámara de maquinas:

$$t = 1.5 + 0.026 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Espesor mínimo de la plancha bajo cámara de maquinas:

$$t = 3 + 0.026 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 7 \text{ mm}$$

b. Elemento de soporte del doble fondo

Son soportes transversales, Vienen en la tabla siguiente BV (Pt B, Ch 7, Sec 3 [2.1.2]):

Table 6 : Minimum net thicknesses of webs of double bottom primary supporting members

Primary supporting member	Minimum net thickness, in mm	
	Area within 0,4L amidships	Area outside 0,4L amidships
Centre girder	$2,0 L^{1/3} k^{1/6}$	$1,7 L^{1/3} k^{1/6}$
Side girders	$1,4 L^{1/3} k^{1/6}$	$1,4 L^{1/3} k^{1/6}$
Floors	$1,5 L^{1/3} k^{1/6}$	$1,5 L^{1/3} k^{1/6}$
Girder bounding a duct keel (1)	$1,5 + 0,8 L^{1/2} k^{1/4}$	$1,5 + 0,8 L^{1/2} k^{1/4}$
Margin plate	$L^{1/2} k^{1/4}$	$0,9 L^{1/2} k^{1/4}$
(1) The minimum net thickness is to be taken not less than that required for the centre girder.		



- **Parte de proa y popa**

Espesor mínimo de sobrequilla

$$t = 1.5 + 0.8 L^{1/2} k^{1/4}$$

$$t = 6.5 \text{ mm}$$

Espesor mínimo de vagra central

$$t = 1.7 L^{1/3} k^{1/6}$$

$$t = 6 \text{ mm}$$

Espesor mínimo de vagra lateral

$$t = 1.4 L^{1/3} k^{1/6}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

- **Cuerpo cilíndrico**

Espesor mínimo de vagra central

$$t = 2 L^{1/3} k^{1/6}$$

$$t = 7 \text{ mm}$$

Espesor mínimo de quilla vertical

$$t = 1.5 + 0.8 L^{1/2} k^{1/4}$$

$$t = 6.5 \text{ mm}$$

En este caso se toma valor del espesor de la vagra central

$$t = 7 \text{ mm}$$

Espesor mínimo de vagra lateral

$$t = 1.4 L^{1/3} k^{1/6}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$



Dimensionamiento de Varenga

La dimensión mínima de la varenga viene dada por reglamentos de BV en la siguiente tabla los (Pt B, Ch 9, Sec 1 [2.5.2]):

**Table 9 : Transversely framed bottom
Floor dimensions and scantlings**

Dimension or scantling	Specified value
Web height, in m	$h_M = 0,085 D + 0,15$
Web net thickness, in mm	To be not less than that required for double bottom floors aft of the collision bulkhead; in any case, it may be taken not greater than 10 mm.
Floor face plate net sectional area, in cm ²	$A_P = 1,67 D$

Espesor mínimo de varenga

$$t = 1.5 L^{1/3} k^{1/6}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Altura mínima de varenga

$$h_M = 0.085 D + 0.15$$

$$h_M = 962 \text{ mm}$$

Área mínima de la sección frontal de varenga

$$A_P = 1.67 D$$

$$A_P = 10.6 \text{ cm}^2$$

4.1.5. Costado y Pantoque

El costado consta de planchas que estarán soportadas por los refuerzos primarios, palmejar y bulárcamas, éstos a su vez estarán soportados por los refuerzos secundarios, cuadernas.

a. planchas

Espesor mínimo de plancha del costado de proa y de popa

$$t = c_F (0,03 L + 5,5) k^{1/2} - c_E$$

$$t = 6 \text{ mm}$$

Donde:



c_E , coeficiente igual: $c_E = 1$ for $L \leq 65$ m

c_F , coeficiente igual:

$c_F = 0,9$ for forecastle sides

$c_F = 1,0$ in other cases

Espesor mínimo de plancha del costado del cuerpo cilíndrico

$$t = 3.1 + 0.017 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 6.5 \text{ mm}$$

Plancha interior del costado

$$t = 1.7 + 0.013 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Espesor mínimo de traca de cinta

Es la traca más importante del foro de anchura 1.62 m, situada a una altura de la cubierta superior resistente en nuestro caso es la cubierta principal. Es la más alejada de la línea neutra del casco debido a que los esfuerzos de flexión son mayores.

El espesor neto de una traca de cinta soldada debe ser como valor mínimo el espesor de la plancha del costado adyacente $t = 6.5$ mm, teniendo en cuenta las correcciones de la fuerza máxima del acero si es necesario.

Espesor mínimo de la Plancha de pantoque

$$t = 1.7 + 0.013 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

b. Refuerzos y Elementos de Soporte

- **Cuadernas**

Son elementos estructurales transversales. Se colocan espaciadas con una clara exigida por la sociedad de clasificación, $s = 600$ mm.

Espesor mínimo de la cuaderna

$$t = 1,5 L_2^{1/3} k^{1/6}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$



El modulo mínimo de la sección de refuerzo según el apartado BV (Pt B, Ch 8, Sec 4 [3.4.4]) en cm^3 será:

$$w = \gamma_R \gamma_m \lambda_b \beta_b \frac{\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W}{12 R_y} \left(1 - \frac{s}{2\ell}\right) s \ell^2 10^3$$

$$w = 164 \text{ cm}^3$$

β_b , coeficiente depende de los soportes en los extremos, 0.81.

λ_b , coeficiente depende de la presión de ola, en este caso se toma valor 1.

ℓ , longitud efectiva, 4.69 m.

s , 600 mm.

$$p_S = \rho g (T - z)$$

$$P_W = \rho g h_1 e^{-2\pi (T - z)/L}$$

Siendo:

- T: calado de escantillonado, 5.41 m
- z: altura de la carga, 3.22 m
- h_1 : valor de referencia del movimiento relativo, 1.25 m

$$P_S = 22.09 \text{ KN /m}^2$$

$$P_W = 8.92 \text{ KN /m}^2$$

• Bulárcamas

Las Bulárcamas se colocan en el costado espaciadas entre ellas con cuatro claras ($s = 2400 \text{ mm}$), de forma alternativa con las cuadernas (Pt B, Ch 8, Sec 5 [3.5.3]):

$$t = 1,5 L_2^{1/3} k^{1/6}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Modulo en cm^3 .

$$w = \gamma_R \gamma_m \lambda_b \beta_b \frac{\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W}{m(R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_A)} s \ell^2 10^3$$

$$w = 207 \text{ cm}^3$$

λ_b , coeficiente depende de la presión de ola, en este caso se toma el valor 0.7.



β_b , coeficiente depende de los soportes en los extremos, 0.81.

m : Boundary coefficient, to be taken equal to:

- $m = 10$ for transverse primary members
- $m = 12$ for longitudinal primary members.

ℓ , longitud efectiva, 2.6 m

s , 2400 mm.

$$P_s = 22.09 \text{ kN /m}^2$$

$$P_w = 8.92 \text{ kN /m}^2$$

- **Palmejar**

Es un refuerzo longitudinal del costado proporciona mayor rigidez a las cuadernas y se recomienda en caso de que la cubierta está sometida a esfuerzos. Se coloca uno a una altura de 3800 mm de la línea de base.

Espesor

$$t_A = (6 + 0,018 L) k^{1/2}$$

$$t_A = 7 \text{ mm}$$

Modulo de la sección mínima del refuerzo obtenido según BV en el apartado (Pt B, Ch 8, Sec 5 [3.5.2]):

$$W = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{12 (R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_{x1})} \left(1 - \frac{s}{2\ell} \right) s \ell^2 10^3$$

$$w = 145 \text{ cm}^3$$

β_b , coeficiente depende de los soportes en los extremos, 1.

ℓ , longitud efectiva 2.6 m

s , 2400 mm.

$$P_s = 22.09 \text{ kN /m}^2$$

$$P_w = 8.92 \text{ kN /m}^2$$

4.1.6. Cámara de Maquinas



Según los reglamentos de BV (Pt B, Ch 9, Sec 3 [2.2]), se obtiene:

a. Planchas

Espesor mínimo de plancha bajo cámara de maquinas:

$$t = 3 + 0.026 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 7 \text{ mm}$$

Espesor mínimo de plancha de la cubierta de la cámara de maquinas:

$$t = 2.1 + 0.04 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 6.5 \text{ mm}$$

Espesor mínimo de plancha del tanque:

$$t = 1.7 + 0.013 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

b. Elementos de soporte del doble fondo y refuerzos

Table 1 : Double bottom - Minimum net thicknesses of inner bottom, floor and girder webs

Element	Minimum net thickness, in mm	
	Machinery space within 0,4L amidships	Machinery space outside 0,4L amidships
Inner bottom	Refer to Ch 7, Sec 1, Tab 2 or Ch 8, Sec 3, Tab 2 The Society may require the thickness of the inner bottom in way of the main machinery seatings and on the main thrust blocks to be increased, on a case by case basis.	
Margin plate	$L^{1/2} k^{1/4} + 1$	$0,9 L^{1/2} k^{1/4} + 1$
Centre girder	$1,8 L^{1/3} k^{1/6} + 4$	$1,55 L^{1/3} k^{1/6} + 3,5$
Floors and side girders	$1,7 L^{1/3} k^{1/6} + 1$	
Girder bounding a duct keel	$0,8 L^{1/2} k^{1/4} + 2,5$ to be taken not less than that required for the centre girder	

Espesor de vagra central de cámara de maquinas

$$t = 1.8 L^{1/3} k^{1/6} + 4$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

Espesor de vagra lateral de cámara de maquinas

$$t = 1.7 L^{1/3} k^{1/6} + 1$$

$$t = 7 \text{ mm}$$



Espesor de varenga de cámara de maquinas

$$t = 1.7 L^{1/3} k^{1/6} + 1$$

$$t = 7 \text{ mm}$$

Espesor de quilla vertical

$$t = 0.8 L^{1/2} k^{1/4} + 2.5$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

Se toma como espesor mínimo el espesor de la vagra central en el caso que el espesor de sobrequilla es menor, $t = 10 \text{ mm}$.

4.1.7. Cubierta Principal

Dispone de planchas apoyadas sobre refuerzos secundarios transversales, baos ordinarios espaciados con 600 mm, y sobre elementos de soportes primarios, como:

- Baos fuertes, se colocan de forma alternativa con los baos ordinarios teniendo una separación de 1500 mm
- Esloras, consta de tres esloras con separación entre ellas de 2600 mm
- Puntales, se colocan cuatro puntales para apoyar la unión de las esloras con los baos.

El espesor mínimo de la plancha viene determinado en BV (Pt B, Ch 9, Sec 1 [2.8]):

a. Planchas

Espesor de plancha de la cubierta con escotillas ($s = 600 \text{ mm}$)

$$t = 2.1 + 0.013 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Espesor de plancha de la cubierta en la parte de popa y proa

$$t = 2.1 + 0.013 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Espesor de la plancha de la cubierta en la zona de la carga

$$t = 9.7 s k^{1/2}$$

$$t = 6 \text{ mm}$$



b. Refuerzos

• Baos ordinarios

Son refuerzos transversales de la cubierta, van espaciado por una clara de cuaderna y apoyados en las esloras y el puntal.

Se debe tener en cuenta las consideraciones siguientes:

- Se considera el bao perfectamente empotrado en el mamparo de los tanques laterales y de los cofferdams del cuerpo central.
- El bao se encuentra acartelado por ambas bandas sobre las esloras laterales y la esloras central.

Al ser distinta la distancia entre el mamparo del tanque, la esloras lateral y la esloras central se adoptará la mayor longitud para el escantillonado del bao

Espesor de bao

$$t = 1,5 L_2^{1/3} k^{1/6}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Modulo mínimo de la sección del bao viene determinado en el apartado [Pt B, Ch 8, Sec 4 (3.4.3)] mediante la siguiente fórmula:

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{s2} p_s + \gamma_{w2} p_w}{12 (R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_{x1})} \left(1 - \frac{s}{2\ell} \right) s \ell^2 10^3$$

$$w = 36.4 \text{ cm}^3$$

$$\ell = 2.6 \text{ m.}$$

$$s, 600 \text{ mm}$$

β_b , coeficiente depende de los soportes en los extremos, 0.81.

σ_{x1} , Para refuerzos ordinarios no contribuye a tensión longitudinal, en este caso debe ser tomado igual a 0.

La presión de aguas y de las olas según la tabla 3 de BV (Pt B, Ch 9, Sec 1 [2.3.3]) es de:

$$p_s (\text{kN/mm}^2) = 10 \Phi_1 \Phi_2$$

$$p_s = 3.33 \text{ kN/mm}^2$$

Donde:



Table 4 : Coefficient for pressure on exposed decks

Exposed deck location	Φ_1
Freeboard deck	1,00

$$\Phi_2 = L/120 \text{ if } L < 120 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = 0.33$$

$$p_w = 19,6n\Phi_1\Phi_2\sqrt{H}$$

$$p_w = 17.85 \text{ kN/mm}^2$$

Donde:

n, coeficiente de navegación en zonas no irrestricta vale 1.

$$H = \left[2,66 \left(\frac{x}{L} - 0,7 \right)^2 + 0,14 \right] \sqrt{\frac{VL}{C_B}} - (z - T)$$

$$H = 7.48$$

V, velocidad del barco, 12 kn.

$$z - T = 1$$

- **Baos fuertes**

Se apoyan en el mamparo longitudinal y la eslora central.

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W}{m(R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_{X1})} s \ell^2 10^3$$

$$w = 493 \text{ cm}^3$$

Donde:

$$\ell = 4.5 \text{ m.}$$

$$s, 2400 \text{ mm}$$

β_b , coeficiente depende de los soportes en los extremos, 0.81.

m : Boundary coefficient, to be taken equal to:

- $m = 10$ for transverse primary members



$$\beta_b = 0,81$$

$$\sigma_{x1} = \frac{100}{k} \left(1 - \frac{z}{0,5D} \right) \text{ for } 0 \leq z \leq 0,5D$$

$$\sigma_{x1} = \frac{100}{k} \left(\frac{z}{0,5D} - 1 \right) \text{ for } 0,5D < z \leq D$$

σ_{x1} is not to be taken less than $65/k$ N/mm²

σ_{x1} , Para soportes reforzados no contribuye la tensión longitudinal, en este caso debe ser tomado igual a 0.

p_s , p_w : presión del agua y presión de la ola en kN /m², se sacan de la siguiente tabla según los reglamentos VB(Pt B, Ch 8, Sec 1 [4.7]):

Still water and inertial pressures

Still water pressure p_s , in kN/m ²	Inertial pressure p_w , in kN/m ²
10	$p_s \frac{a_{z1}}{g}$

$$p_s = 7 \text{ kN /m}^2$$

$$p_w = 9.2 \text{ kN /m}^2$$

La aceleración a_{z1} se obtiene en el apartado (Pt B, Ch 8, Sec 1 [2.3.2]):

**Table 4 : Reference value of the accelerations
 a_{x1} and a_{z1}**

Direction	Accelerations, in m/s ²
X - Longitudinal	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p g + \alpha_p (z - T_1)]^2}$
Z - Vertical	$a_{z1} = \sqrt{a_H^2 + \alpha_p^2 K_X L^2}$
Note 1: a_{su} : Surge acceleration, in m/s ² , defined in [2.2.1] a_H : Heave acceleration, in m/s ² , defined in [2.2.2] A_p, α_p : Pitch amplitude, in rad, and acceleration, in rad/s ² , defined in [2.2.3] $K_X = 1,2 \left(\frac{x}{L} \right)^2 - 1,1 \frac{x}{L} + 0,2$ without being taken less than 0,018.	



$$a_{z1} = \sqrt{a_H^2 + \alpha_p^2 K_x L^2}$$

$$a_{z1} = 11.88 \text{ m/s}^2$$

K_x se toma un valor mínimo de 0.018.

$$a_H = a_B g$$

$$a_H = 10.79 \text{ m/s}^2$$

a_B , parametro de aceleracion

$$a_B = n \left(0.76 F + 1.875 \frac{h_w}{L} \right)$$

$$a_B = 1.1$$

n , coeficiente de navegación, es 1.

F , numero de Froude

$$F = 0.164 \frac{V}{\sqrt{L}}$$

$$F = 0.311$$

h_w , parametro de ola

$$h_w = 11.44 - \left| \frac{L - 250}{110} \right|^3$$

$$h_w = 18.4 \text{ m}$$

α_p , aceleración angular viene en la tabla siguiente, vale 0.926 rad/s^2

Table 2 : Pitch amplitude, period and acceleration

Amplitude A_p , in rad	Period T_p , in s	Acceleration α_p , in rad/s^2
$0.328 a_B \left(1.32 - \frac{h_w}{L} \right) \left(\frac{0.6}{C_B} \right)^{0.75}$	$0.575 \sqrt{L}$	$A_p \left(\frac{2\pi}{T_p} \right)^2$



γ_{S2} , γ_{W2} , γ_m , γ_R , son Coeficientes parciales de seguridad depende de los elementos estructurales, vienen en la siguiente tabla (Pt B, Ch 8, Sec 5 [1.3.1]):

Table 1 : Primary supporting members - Partial safety factors

Partial safety factors covering uncertainties regarding:	Symbol	Yielding check		Buckling check of pillars (see [4.1])
		General (see [3.4] and [3.5])	Flooding pressure (1) (see [3.6])	
Still water hull girder loads	γ_{S1}	Not applicable	Not applicable	1,00
Wave hull girder loads	γ_{W1}	Not applicable	Not applicable	1,15
Still water pressure	γ_{S2}	1,00	1,00	1,00
Wave pressure	γ_{W2}	1,20	1,05	1,20
Material	γ_m	1,02	1,02	1,02
Resistance	γ_R	1,02 in general 1,15 for bottom and side girders	1,02 (2)	Defined in Tab 6
(1) Applies only to primary supporting members to be checked in flooding conditions				
(2) For primary supporting members of the collision bulkhead, $\gamma_R = 1,25$				

- **Esloras**

Son soportes longitudinales de la cubierta, se colocan una eslora central y dos laterales espaciadas entre ellas con 2600 mm. Apoyadas en dos puntales y en los baos.

Espesor de las esloras pueden tenerse el mismo espesor de los baos:

$$t = 5 \text{ mm}$$

Modulo de la sección del refuerzo en cm^3 .

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{S2} p_s + \gamma_{W2} p_w}{m(R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_{X1})} s \ell^2 10^3$$

$$w = 21 \text{ cm}^3$$

Donde:

β_b , 0.81.

l , 2.6 m.

s , 600 mm

p_s , 10 kN /m²

p_w , 12.11 kN /m²

m : Boundary coefficient, to be taken equal to:

- $m = 10$ for transverse primary members

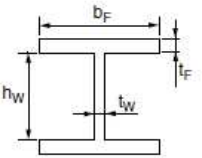
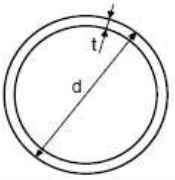
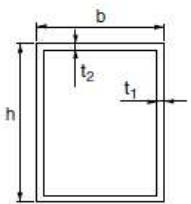
- **Puntales**



En la parte central se dispone de dos puntales en cruzía soportando la eslora central y los baos, estos puntales están espaciados con una clara de 5600 mm de una longitud efectiva de 5.12 m.

Según el apartado de BV (Pt B, Ch 8, Sec 5[4.1.4]), podemos determinar las dimensiones mínimas del puntal:

Table 6 : Buckling check of pillars subject to compression axial load

Pillar cross-section	Column buckling check	Torsional buckling check	Local buckling check	Geometric condition
Built-up 	$\frac{\sigma_{cl}}{\gamma_R \gamma_m} \geq 10 \frac{F_A}{A}$	$\frac{\sigma_{cl}}{\gamma_R \gamma_m} \geq 10 \frac{F_A}{A}$	$\frac{\sigma_{cl}}{\gamma_R \gamma_m} \geq 10 \frac{F_A}{A}$	<ul style="list-style-type: none"> $\frac{b_F}{t_F} \leq 40$
Hollow tubular 	$\frac{\sigma_{cl}}{\gamma_R \gamma_m} \geq 10 \frac{F_A}{A}$	Not required	Not required	<ul style="list-style-type: none"> $\frac{d}{t} \leq 55$ $t \geq 5,5 \text{ mm}$
Hollow rectangular 	$\frac{\sigma_{cl}}{\gamma_R \gamma_m} \geq 10 \frac{F_A}{A}$	Not required	$\frac{\sigma_{cl}}{\gamma_R \gamma_m} \geq 10 \frac{F_A}{A}$	<ul style="list-style-type: none"> $\frac{b}{t_2} \leq 55$ $\frac{h}{t_1} \leq 55$ $t_1 \geq 5,5 \text{ mm}$ $t_2 \geq 5,5 \text{ mm}$

Es más corriente elegir el puntal tipo tubular con hueco para minimizar el problema del pandeo, y debido a las condiciones geométricas se exige que:

El espesor mínimo

$$t = 5.5 \text{ mm}$$

El diámetro máximo

$$D = 55 t$$

$$D = 302.5 \text{ mm}$$

Entonces se toma un puntal dentro del margen, de diámetro de 250 mm y con un espesor de 12 mm.



4.1.8. Cubierta del Castillo y Superestructuras

a. Cubierta de Castillo

El espesor mínimo de cubierta de castillo debe ser igual al espesor mínimo de cubierta principal:

$$t = 6.5 \text{ mm}$$

La Longitud de la cubierta no debe pasar de 0.3 L hasta 0.4 L:

$$L_{\text{castillo}} = 16 \text{ m}$$

b. Casetas de la Cubierta de Castillo

Se determina el escantillonado de las casetas según la tabla siguiente de BV (Pt D, Ch 15, Sec 2 [8.2.3]):

Table 7 : Plating of forecastle aft end and of deckhouses located on the forecastle deck

Structure	Plating	Minimum net thickness, in mm
Forecastle	aft end	1,04 (5 + 0,01 L)
Deckhouses located on the forecastle deck	front	1,44 (4 + 0,01 L)
	sides	1,31 (4 + 0,01 L)
	aft end	1,22 (4 + 0,01 L)

Espesor de plancha de proa

$$t = 1.44 (4 + 0.01 L)$$

$$t = 6 \text{ mm}$$

Espesor de plancha de Costado

$$t = 1.31 (4 + 0.01 L)$$

$$t = 6 \text{ mm}$$

Espesor de plancha de popa

$$t = 1.22 (4 + 0.01 L)$$

$$t = 5.5 \text{ mm}$$



c. Amuradas

Están encima de la cubierta principal, el espesor depende de la eslora del barco, e igual a:

$$6,0 \text{ mm for } 30 \text{ m} < L \leq 120 \text{ m}$$

La altura de la amurada suele tener 1100 mm.

d. Refuerzos

Table 8 : Ordinary stiffeners of forecastle aft end and of deckhouses located on the forecastle deck

Structure	Ordinary stiffeners on	Net section modulus, in cm ³
Forecastle	aft end plating	3 times the value calculated according to Pt B, Ch 9, Sec 4, [4]
Deckhouses located on the forecastle deck	front plating	
	sides plating	0,75 times that of the forecastle 'tweendeck frames
	aft end plating	

El modulo de la sección de refuerzo de la parte de proa de las casetas es tres veces el modulo obtenido en la parte (Pt, Ch 9, Sec 4, [4]):

$$w = 0,35 \varphi k s / l^2 p (1 - \alpha t_c) - \beta t_c$$

$$W' = 44.7 \text{ cm}^3$$

$$w = 3 W'$$

$$w = 134 \text{ cm}^3$$

Donde:

l: altura entre puentes, 2.8 m.

t_c , espesor añadido por la corrosión, es 0.5 mm por ser un compartimiento expuesto al air.

p, presión lateral, como valor mínimo es 29 kN/mm²

φ , coeficiente depende de las conexiones de los refuerzos. Vale 1.

α, β , coeficientes depende del tipo de refuerzo, para refuerzos tipo barras planas, son respectivamente 0.035 y 2.8.



El modulo de la sección de refuerzo de la parte de popa y del costado de las casetas, es 0.75 del modulo de las cuadernas (164 cm^3).

$$w = 0.75 w_c$$

$$w = 123 \text{ cm}^3$$

e. Superestructuras

Partiendo de la siguiente tabla del apartado (Pt B, Ch 9, Sec 4 [3.1.3]) de BV, se halla el espesor mínimo de superestructura:

Plating	Net thickness, in mm
Fronts, sides and aft ends other than sides of superstructures:	
• first tier	$1,1 + 0,014 L k^{1/2} + 4,5 s$
• upper tiers	$0,8 + 0,014 L k^{1/2} + 4,5 s$
Sides of superstructures	$1,5 + 0,014 L k^{1/2} + 4,5 s$

Espesor de la plancha del costado ($s = 600 \text{ mm}$)

$$t = 1.5 + 0.014 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Espesor de la plancha de proa y de popa

$$t = 1.1 + 0.014 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 4.5 \text{ mm}$$



4.1.9. Escantillonado de Mamparos

En estructura transversal, lo más corriente es disponer de:

- Mamparos transversales estancos.
- Mamparos longitudinales laterales de tanques

a. Mamparos transversales estancos.

• Planchas

El mamparo de colisión de proa extiende verticalmente desde el fondo hasta la cubierta de botes.

Espesor mínimo de la plancha ($s = 600$ mm)

$$t = 1.3 + 0.004 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

Los mamparos de cámara de máquinas extienden verticalmente hasta la cubierta principal.

Espesor mínimo de plancha

$$t = 1.3 + 0.004 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

El mamparo de pique de popa llega hasta la cubierta principal. Con espesor:

$$t = 1.3 + 0.004 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 4 \text{ mm}$$

• Refuerzos

Son refuerzos verticales en los dos tipos de mamparos, espaciados entre 500 mm y 530 mm. Según BV (Pt B, Ch 7, Sec 3[3.8.2]):

Módulo de la sección

$$w = \gamma_R \gamma_m \lambda_b B_b \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{12 R_y} \left(1 - \frac{s}{2\ell} \right) s \ell^2 10^3$$

$$w = 20.5 \text{ cm}^3$$



Donde:

l , longitud efectiva, es 1.55 m.

s , clara entre cuadernas, es 500 mm

β_b , coeficiente depende de las uniones de elementos en el extremo, es 0.81

λ_b , coeficiente depende de la presión de ola, en este caso se toma valor 1.

$$p_s = \rho g (T - z)$$

$$P_w = \rho g h_1 e^{-2\pi (T - z)/L}$$

Siendo:

- T : calado de escantillonado, 5.41 m
- z : altura de la carga, 2.96 m
- h_1 : valor de referencia del movimiento relativo, 3.05 m

$$P_s = 24.66 \text{ kN/mm}^2$$

$$P_w = 20.86 \text{ kN/mm}^2$$

b. Mamparos longitudinales para Tanques laterales

- **Plancha**

El mamparo longitudinal esta puesto en ambos lados del costado separando los tanques laterales y extiende hasta la cubierta principal.

Espesor de la chapa ($s = 600$ mm)

$$t = 1.7 + 0.013 L k^{1/2} + 4.5 s$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

- **Refuerzos**

Se toma el mismo refuerzo vertical de los mamparos transversales. (Pt B, Ch 7, Sec 3[3.8.2]):

$$w = 20.5 \text{ cm}^3$$



5. Escantillonado de Cartelas

5.1. Unión superiores

En el apartado (Pt B, Ch 4, Sec 5[6.2]) de BV, se determina las dimensiones de las cartelas según que garanticen una continuidad estructural entre cuadernas y baos ordinarios. La longitud del brazo de la cartela o cartabón no debe ser inferior que el valor obtenido por la formula siguiente:

$$d = \Phi \sqrt{\frac{w + 30}{t}}$$

$$d = 126 \text{ mm}$$

Donde:

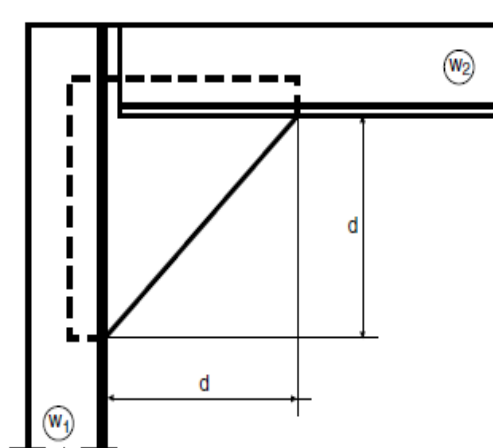
Φ , coeficiente depende del tipo del cartabón, para el cartabón con brida, $\Phi = 43.5$.

t , espesor del cartabón, 8 mm.

w , modulo de sección de refuerzo, según la sociedad de clasificación exige tomar el menor modulo de sección entre cuadernas (164 cm^3) y baos (37 cm^3):

$$w = 37 \text{ cm}^3$$

Figure 1 : Connections of perpendicular stiffeners in the same plane



$$\begin{aligned} w &= w_2 & \text{if } w_2 \leq w_1 \\ w &= w_1 & \text{if } w_2 > w_1 \end{aligned}$$

El cartabón dimensionado será: 150 x 150 x8

Se hará análogamente el cálculo para cartabones que unen bulárcamas y baos fuertes.

$$d = \Phi \sqrt{\frac{w + 30}{t}}$$

$$d = 282 \text{ mm}$$



Φ , coeficiente de 43.5.

t, espesor del cartabón, 10 mm.

w, se toma el menor modulo de sección entre bulárcamas (207 cm^3) y baos fuertes (493 cm^3):

$$w = 207 \text{ cm}^3$$

El cartabón estimado será: 290 x290x 10

5.2. Uniones inferiores

La longitud mínima de los brazos d_1 y d_2 del cartabón que une las cuadernas con las varengas, debe ser inferior que la longitud obtenida por la formula siguiente del apartado (Pt B, Ch 4, Sec 5 [6.3.2]) de BV:

$$d = \Phi \sqrt{\frac{w + 30}{t}}$$

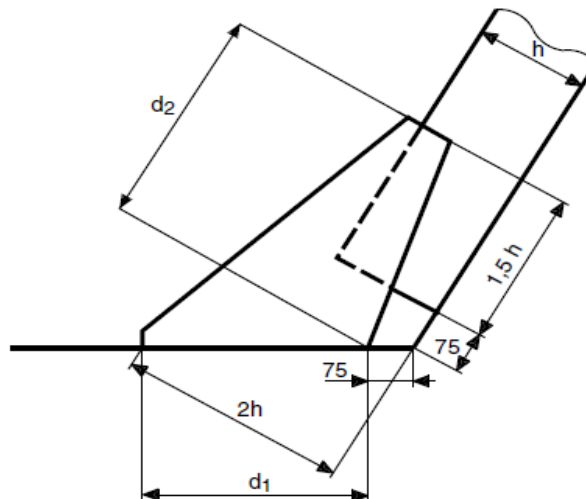
$$d_1 = d_2 = 222 \text{ mm}$$

Φ , para cartabón con brida el coeficiente tiene valor de 45.

t, espesor del cartabón, 8 mm.

w, modulo de la sección de las cuadernas, 164 cm^3 .

Figure 4 : Lower brackets of main frames



6. Espesores y Módulos finales



6.1. Adición de espesor debido a la corrección

Los valores de las compensaciones de espesor por corrosión especificados en la siguiente tabla se aplican en relación con la protección relevante del recubrimiento exigido por las Normas citadas en el apartado (Pt B, Ch 4, Sec 2[3.1.2]) de BV para acero que no sea inoxidable.

Para tener en consideración la adición debida a la corrosión a una plancha que separa dos compartimentos de diferentes tipos tiene que ser igual a:

- la suma de los valores especificados en la Tabla 2 para cada compartimento expuesto en caso del recubrimiento con un espesor bruto mayor que 10 mm.
- El más pequeño de los valores siguientes (en el caso de recubrimiento con espesor bruto menor o igual que 10 mm):
 - 20% del espesor bruto de la plancha.
 - la suma de los valores especificados en la Tabla 2 de cada compartimento expuesto para un elemento del compartimento, o para una plancha que separa dos compartimentos del mismo tipo.

Table 2 : Corrosion additions t_c , in mm, for each exposed side

Compartment type		General (1)	Special cases
Ballast tank (2)		1,00	1,25 in upper zone (6)
Cargo oil tank and fuel oil tank (3)	Plating of horizontal surfaces	0,75	1,00 in upper zone (6)
	Plating of non-horizontal surfaces	0,50	1,00 in upper zone (6)
	Ordinary stiffeners and primary supporting members	0,75	1,00 in upper zone (6)
Independent tank of ships with service notation liquefied gas carrier (4)		0,00	
Cofferdam in cargo area of ships with the service notation liquefied gas carrier		1,00	
Dry bulk cargo hold (5)	General	1,00	
	Inner bottom plating	1,75	
	Side plating for single hull ship		
	Inner side plating for double hull ship		
	Sloping stool plate of hopper tanks and lower stool		
	Transverse bulkhead plating		
	Frames, ordinary stiffeners and primary supporting members	1,00	1,50 in lower zone (7)
Compartment located between independent tank and inner side of ships with the additional service feature asphalt carrier		1,00	
Hopper well of dredging ships		2,00	
Accommodation space		0,00	
Compartments other than those mentioned above		0,50	
Outside sea and air			
(1) General: corrosion additions t_c are applicable to all members of the considered item with possible exceptions given for upper and lower zones. (2) Ballast tank: does not include cargo oil tanks which may carry ballast according to Regulation 13 of MARPOL 73/78. (3) For ships with the service notation chemical tanker ESP , the corrosion addition t_c may be taken equal to 0 for cargo tanks covered with a protective lining or coating (see IBC, 6). (4) The corrosion addition t_c specified for cargo tanks is to be applied when required in IGC, 4.5.2. (5) Dry bulk cargo hold: includes holds, intended for the carriage of dry bulk cargoes, which may carry oil or water ballast. (6) Upper zone: area within 1,5 m below the top of the tank or the hold. This is not to be applied to tanks in the double bottom. (7) Lower zone: area within 3 m above the bottom of the tank or the hold.			

Espesor bruto:



Partes del buque	Elementos	t _{neto} (mm)	tc (mm)	t _{bruto} (mm)
Zona proa y de popa	quilla	10	0	10
	Fondo	7	1	8
	refuerzo del fondo	5	1	6
	Doble fondo	5	3	8
	Quilla vertical	7	0	7
	vagra central	6	0.5	6.5
	vagra lateral	5	1	6
	varenga	5	3	8
	Costado	6	1	7
	Interior de costado	5	1	6
	cubierta	5	2	7
Cuerpo cilíndrico	fondo	9	0.5	9.5
	refuerzo del fondo	5	1	6
	Doble fondo	7	1	8
	vagra central	7	0	7
	Quilla vertical	7	0	7
	vagra lateral	5	1.5	6.5
	varenga	5	3	8
	costado	6.5	1	7.5
	forro interior costado	5	1.5	6.5
	tarca de cinta	6.5	1.5	8
	plancha de pantoque	5	1	6
	cuadernas	5	1	6
	bulárcamas	5	1	6
	palmejar	7	3	10
	cubierta	6	1	7
	eslora	5	1	6
Cámara de maquinas	fondo	9	0.5	9.5
	doble fondo	7	1	8
	vagra central	10	0	10
	vagra lateral	7	0	7
	varenga	7	1	8
	sobrequilla	10	0	10
	plancha de la cubierta	6.5	0.5	7
	plancha de tanque	5	2	7
Mamparos	mamparo de colisión	4	2	6
	dos mamparos de CM	4	2	6
	mamparo pique de popa	4	2	6
	mamparo lateral tanque	5	2.5	7.5



Casetas del castillo

proa de casetas	6.	0	6
costado de casetas	6	0	6
popa de casetas	5.5	0	5.5

Superestructuras

parte de popa y proa	4.5	0,5	5
costado	5	0	5
amurrada	6	0.5	6.5

6.2. Modulo de Refuerzos

Refuerzos	W (cm ³)	Perfil elegido	W _F (cm ³)
Refuerzos de varenga	18.8	Llanta de bulbo 80 x 6	25
Cuadernas	164	Llanta – bulbo 180 x 10	169
Bulárcamas	207	Llanta – bulbo 200 x 10	225
Palmejar	145	L 120 x 10 / 100 x 10	148
Baos	36.4	Llanta de bulbo 100 x 6	37
Baos fuertes	493	Llanta de bulbo 260 x 10	495
Esloras	21	T 280 x 10 / 260 x 10	25
Refuerzos de popa de casetas del castillo	123	HEA 140	155
Refuerzos del costado de casetas del castillo	123	HEA 140	155
Refuerzos de proa de casetas del castillo	134	HEA 140	155
Refuerzos de mamparo transversal estanco	20.5	Llanta de bulbo 120 x 6	56
Refuerzos de mamparo longitudinal de tanques	20.5	Llanta de bulbo 120 x 6	56

7. Modulo de Cuaderna Maestra



Partiendo de cálculo de momento de inercia, área y posición del eje de la fibra neutra, de distintos elementos que forman la cuaderna maestra estructuralmente. Podemos hallar el modulo de la cuaderna.

Elementos	ancho(cm)	alto(cm)	N	A uni (cm ²)	A (cm ²)
Quilla	100	1	1	100	100
Fondo	481	1,15	2	553,15	1106,3
Doble fondo	1124	1,3	1	1461,2	1461,2
Pantoque	150,3	1	2	150,3	300,6
Vagra central	1,08	100	1	108	108
Vagra lateral 1	0,87	96,2	2	83,69	167,39
Vagra lateral 2	0,87	96,2	2	83,69	167,39
Plancha de costado	540	1,05	2	567	1134
Plancha de cubierta	1195	0,88	1	1051,6	1051,6
Eslora central alma	0,77	42,35	1	32,61	32,61
Eslora central ala 1	25,41	0,77	1	19,57	19,57
Eslora central ala 2	38,12	0,7	1	26,68	26,68
Eslora lateral alma	0,77	42,35	2	32,61	65,22
Eslora lateral ala 1	25,41	0,77	2	19,57	39,13
Eslora lateral ala 2	38,12	0,7	2	26,68	53,37
Palmejar alma	0,98	53,9	2	52,82	105,64
Palmejar ala 1	32,34	0,98	2	31,69	63,39
Palmejar ala 2	48,51	0,9	2	43,66	87,32
Mamparo longitudinal	1,04	600	2	624	1248
					7337,4

Total

Elementos	y(cm)	A*y(cm ³)	A*y ² (cm ⁴)	Io(cm ⁴)	A*y ² + Io(cm ⁴)
Quilla	-0,08	-8,0	0,6	8,3	9,0
Fondo	16	17700,8	283212,8	61,0	283273,8
Doble fondo	120	175344	21041280	205,8	21041485,8
Pantoque	52	15631,2	812822,4	12,5	812834,9
Vagra central	60	6480	388800	90000	478800
Vagra lateral 1	69	11549,8	796934,3	64545,1	861479,4
Vagra lateral 2	73	12219,3	892010,7	64545,1	956555,7
Plancha de costado	563,5	639009	360081571,5	52,1	360081623,6
Plancha de cubierta	637	669869,2	426706680,4	67,9	426706748,3
Eslora central alma	614,25	20030,4	12303664,2	4873,8	12308538
Eslora central ala 1	593,07	11603,8	6881883,3	1,0	6881884,2
Eslora central ala 2	636,12	16974,2	10797644,7	1,1	10797645,8
Eslora lateral alma	614,25	40060,8	24607328,4	4873,8	24612202,3
Eslora lateral ala 1	593,07	23207,7	13763766,6	1,0	13763767,5
Eslora lateral ala 2	636,12	33948,5	21595289,4	1,1	21595290,5
Palmejar alma	535,1	56530,1	30249258,9	12788,3	30262047,1
Palmejar ala 1	490,15	31068,8	15228393,9	2,5	15228396,4
Palmejar ala 2	562,5	49116,4	27627960,9	2,9	27627963,9
Mamparo longitudinal	319,5	398736	127396152	18720000	146116152

Total

2229071,9

1120416698,1

Altura total de la sección:



$$Z_D = 698,7 \text{ cm}$$

Posición del eje neutro:

$$N = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

$$N = 304 \text{ cm}$$

Momento de Inercia de la sección:

$$I_y = \sum A \cdot y^2 + \sum I_o - \sum A \cdot N^2$$

$$I_y = 443233994,2 \text{ cm}^4$$

Se obtiene el modulo del fondo y de la cubierta según reglamento del apartado (Pt B, Ch 8, Sec 2[1.3.2]) de BV:

Modulo de fondo:

$$Z_{AB} = \frac{I_y}{N}$$

$$Z_{AB} = 1458986,6 \text{ cm}^3$$

Modulo de cubierta:

$$Z_{AD} = \frac{I_y}{V_D}$$

Siendo:

$$V_D = Z_D - N$$

$$Z_{AD} = 1122383,6 \text{ cm}^3$$

7.1. Tensión normal en la cuaderna maestra

La distribución de la tensión normal es proporcional a la variación del puntal, se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\sigma_{x1} = \frac{100}{k} \left(1 - \frac{z}{0,5D} \right) \text{ for } 0 \leq z \leq 0,5D$$

$$\sigma_{x1} = \frac{100}{k} \left(\frac{z}{0,5D} - 1 \right) \text{ for } 0,5D < z \leq D$$

Donde:

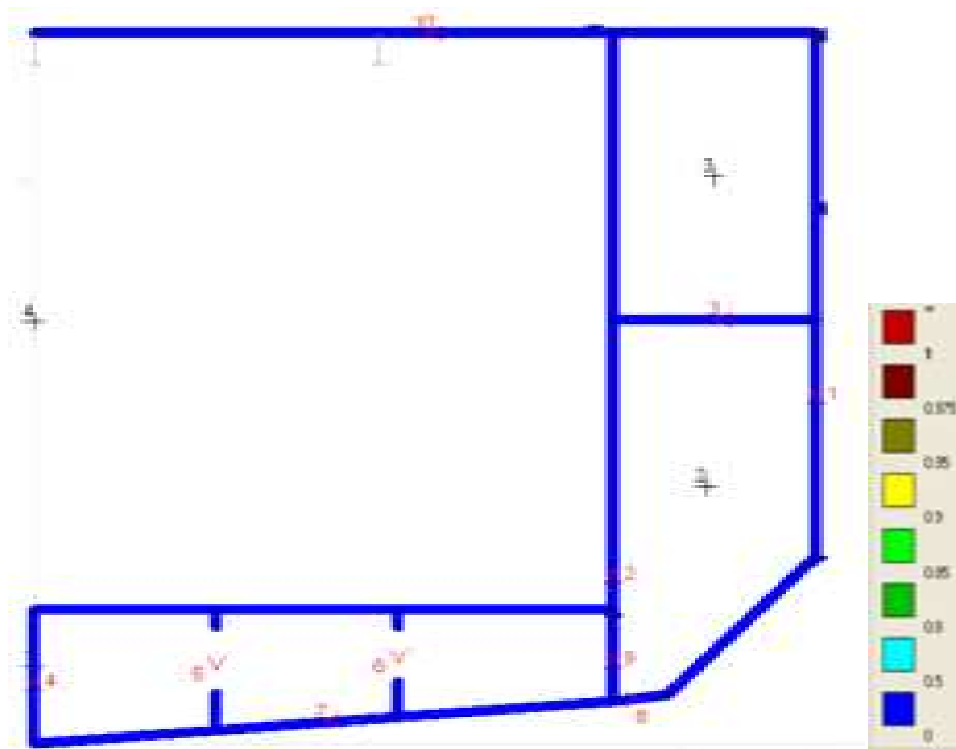
D, puntal

K, factor de material ,1.

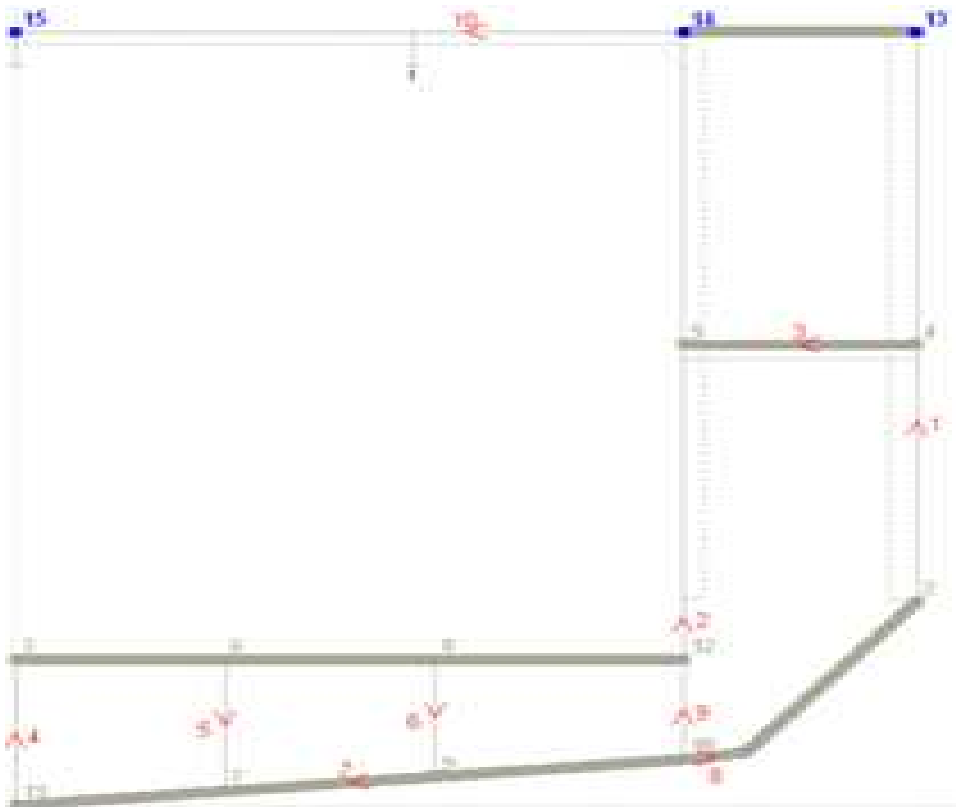
En $z = D$: $\sigma_{x1} = -100 \text{ N/mm}^2$



- Planchas:



- Soportes primarios transversales, refuerzos transversales y longitudinales:

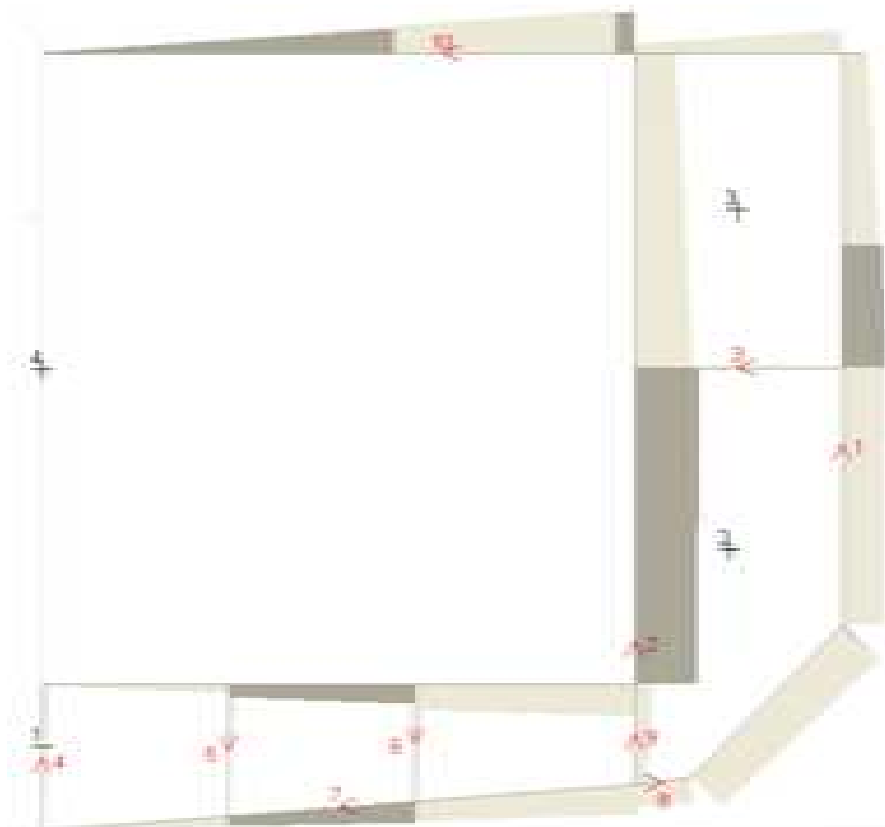




- Refuerzos verticales de Mamparos y Varengas

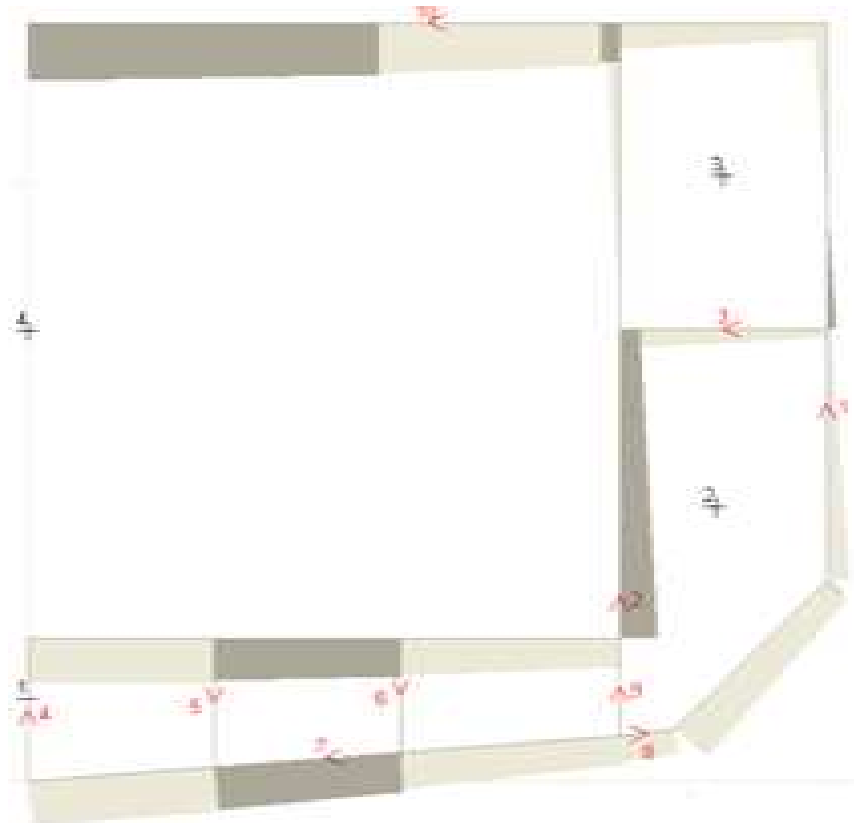


- Fuerza cortante vertical

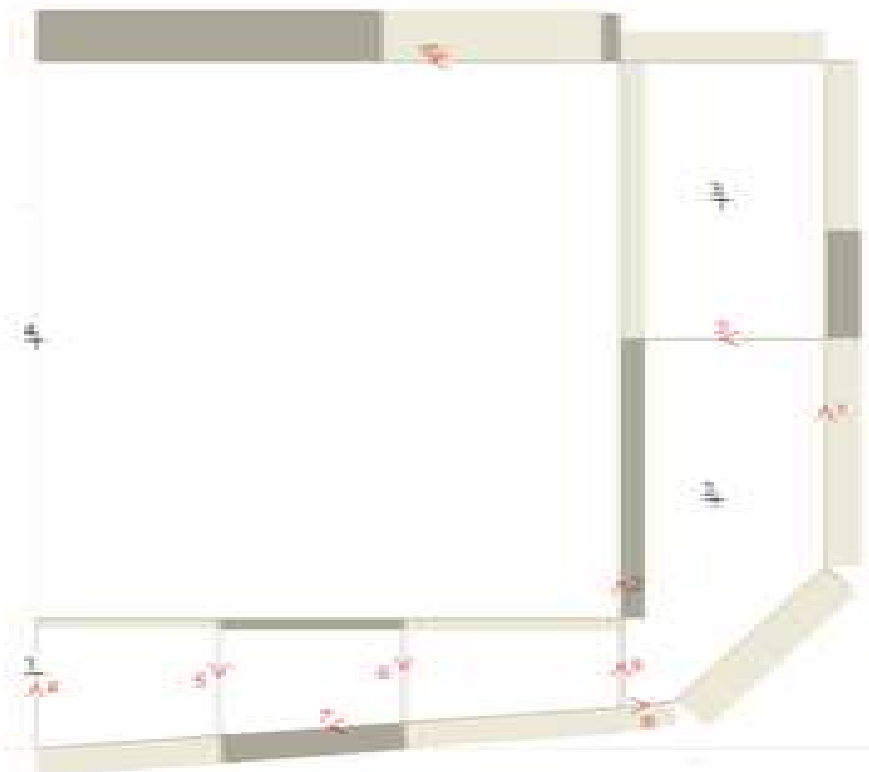




- Fuerza cortante horizontal



- Torsion





8. Referencias

- Rules for the classification of Steel Ships, Bureau Veritas
- VIGAS. RESISTENCIA Por RICARDO AROCA HERNÁNDEZ-ROS
- Manual para cálculo de estructuras metálicas. Tomo 1. Ensidesa
- Libro de "Fundamentos de Construcción Naval Tomo II"



Cuaderno10:

Pesos y c. de g. del buque en rosca

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun

Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Cálculo aproximado del peso y c. de g. de la estructura.....	3
3. Cálculo de pesos y c. de g. del equipo y la habilitación.....	7
3.1 Peso del Forro de Madera.....	7
3.2 Peso de Pintura del casco.....	7
3.3 Peso de la protección catódica.....	7
3.4 Peso de equipo de fondeo y amarre.....	8
3.5 Peso de equipo de remolque.....	8
3.6 Peso de equipo de salvamento.....	9
3.7 Peso de equipo de contra incendios exterior.....	9
3.8 Peso de accesorios del casco.....	9
3.9 Resto del servicio del casco.....	10
3.10 Peso del equipo de navegación.....	11
3.11 Peso de la hélice de maniobra.....	11
3.12 Peso de equipos eléctricos.....	11
3.13 Equipo Antipolución.....	11
4. Cálculo de pesos y c. de g. de maquinaria e instalaciones especiales.....	15
5. Peso y c. de g. del buque en rosca.....	17
6. Referencias.....	18



1. Introducción

La estimación del peso en rosca con una exactitud es uno de las dificultades en la etapa del proyecto preliminar, simplemente se hará una estimación preliminar, debido a que el peso y la posición del centro gravedad de la rosca de un buque no se conocen exactamente hasta su puesta a flote, es la realización de la experiencia de estabilidad la que proporciona definitivamente estos valores.

La estimación preliminar del peso en rosca y su centro de gravedad, se desglose en tres partidas: peso estructural, peso de la maquinaria y peso del equipo y de habilitación. Cada partida se desglosa a su vez en calcular el peso y el centro de gravedad de subelementos y equipos respecto al perpendicular de popa.

Estos cálculos se basaran en formulas empiricas del libro "Desplazamiento. Cálculo Iterativo del Peso en Rosca y Peso Muerto".



2. Cálculo aproximado del peso y c. de g. de la estructura

Existen tres métodos para calcular el peso del acero de la estructura:

- Por características principales
- Por superficies
- Por escantillonado de la maestra

Después de estimar el escantillonado de los elementos estructurales en el cuaderno de resistencia estructural, nos resulta más conveniente usar el método del escantillonado de la maestra.

A la hora del cálculo se hará una división del buque en tres secciones:

- Cuerpo central
- Cuerpo de proa
- Cuerpo de popa

Para este cálculo se utiliza el acero calidad A de densidad 7.83 t/m^3 , con un modulo de Young de $2.06 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ de acuerdo con la sociedad de clasificación de BUREAU VERITAS.

El proceso se basa en calcular los siguientes elementos de la estructura. Se ha considerado un incremento del 5% del peso debido a la soldadura.

- Fondos y dobles fondos
- Mamparos longitudinales y transversales
- Tanques estructurales
- Cubierta superior e intermedias
- Bloque de popa (con codaste y arbotantes)
- Bloque de proa (con caja de cadenas)
- Toldilla, castillo
- Brazolas de escotilla de bodegas de carga
- Troncos de acceso y cajas de tomas de mar
- Amuradas y cubiertas de habitación
- Mamparos transversales
- Forro exterior (con quillas de balance)
- Mamparos laterales

Estructuralmente hay dos tipos de elementos en cuestión de calcular, uno son las planchas y otro son perfiles.



Para calcular el peso de la plancha seria de la siguiente manera:

$$P = a \cdot e \cdot p_a \cdot n_e$$

Siendo:

a= ancho de la plancha en mm

e= espesor de la plancha en mm

p_a = densidad del acero en kg/mm^3

n_e = número de elementos o de planchas

El peso del perfil es:

$$P = (h_1 \cdot e_1 + h_2 \cdot e_2) \cdot p_a \cdot n_e$$

Siendo:

h_1, h_2 = alturas del perfil en mm

e_1, e_2 = espesores en mm

Partiendo de estas formulas se ha estimado los pesos y los centros de gravedad de los elementos mencionados anteriormente, resumiendo los resultados en la tabla siguiente:

Partes del buque	Planchas	$t_{\text{bruto}}(\text{mm})$	N	Área (m^2)	Peso(t)	Zg(m)	Xg(m)	Mz (t.m)	Mx (t.m)
Zona proa	Quilla	10		0	0.00	1.1	4	0.00	0.00
	Fondo	8	2	19.25	2.41	0.5	30	1.21	72.35
	Doble fondo	8	2	10.5	1.32	1.2	29	1.58	38.15
	Quilla vertical	7	1	9.6	0.53	0.6	30	0.32	15.79
	Vagra central	6.5	2	2.63	0.27	1	29.06	0.27	7.78
	Vagra lateral	6							
	Varenga	8	2	18	1.83	1	29	1.83	53.13
	Costado	7	2	117.6	12.89	6.3	32	81.22	412.52
	Interior de costado	6	2	115	10.81	6.3	32	68.07	345.77
	Cubierta principal	7	2	31	3.40	6.37	30.45	21.65	103.48
Cuerpo cilíndrico	Fondo	9.5	2	62.64	9.32	0.07	19.49	0.65	181.63
	Doble fondo	8	2	90	11.28	1.2	19.3	13.53	217.61
	Vagra central	7	2	12.49	1.37	0.66	20	0.90	27.38
	Quilla vertical	7	1	14.25	0.78	0.6	19.2	0.47	15.00



	Vagra lateral	6.5	2	8.98	0.91	0.73	19.07	0.67	17.43
	Varenga	8	2	103	12.90	0.6	19.3	7.74	249.04
	Costado	7.5	2	83.64	9.82	6	20	58.94	196.47
	Traca de cinta	8	2	41.83	5.24	5.59	20	29.29	104.81
	Forro interior Costado	6.5	2	124	12.62	6	20	75.73	252.44
	Plancha de Pantoque	6	2	21.21	1.99	1.06	19.2	2.11	38.26
	Cubierta	7	2	85.97	9.42	6.37	19.3	60.03	181.88
Zona de popa									
	Quilla	10	2	31.37	4.91	1.1	4	5.40	19.65
	Fondo	8	2	75.47	9.45	3	4.19	28.36	39.62
	Doble fondo	8	2	99	12.40	4.2	4.53	52.09	56.18
	Quilla vertical	7	1	9.9	0.54	3.6	4.05	1.95	2.20
	Vagra central	6.5	2	8	0.81	3.7	4.05	3.01	3.30
	Vagra lateral	6	2	5.04	0.47	3.75	4.18	1.78	1.98
	Varenga	8	2	37	4.64	3.6	4.05	16.69	18.77
	Costado	7	2	26.7	2.93	3.94	6.35	11.53	18.59
	Interior de costado	6	2	26	2.44	3.79	6.35	9.26	15.51
	Cubierta principal	7	2	94.86	10.40	6.37	4.63	66.24	48.15
Mamparos									
	Mamparo de colisión de Pr	6	1	27.11	2.33	6.38	34.2	14.90	79.86
	Mamparo de Pr de CM	6	1	42.04	3.29	4.04	28.8	13.30	94.80
	Mamparo de Pp de CM	6	1	62.93	4.93	3.82	12	18.82	59.13
	Mamparo pique de Pp	6	1	30.67	2.16	5.24	3	11.33	6.48
	Mamparo lateral tanque	7.5	2	153.68	24.07	3.03	15.6	72.92	375.43
Resto de cubiertas									
	Cubierta de bote	7	2	107.48	15.15	9.2	27.05	139.36	409.76
	Cubierta de castillo	7	2	93.89	13.23	12	29.1	158.79	385.08
	Cubierta puente	6.5	2	50.44	6.32	14.8	23.37	93.52	147.68
	Techo de puente	6	2	26.01	3.67	17.6	25.37	64.52	93.00
Superestructura del castillo									
	Proa de caseta	6	1	18.25	0.86	13.4	30.91	11.49	26.50
	Costado de caseta	6	2	31.14	2.93	13.4	25.58	39.21	74.84
	Popa de caseta	5.5	1	29.03	1.14	13.4	20.13	15.23	22.88
Superestructura del puente									
	Proa de caseta	5	1	17.92	0.84	16.2	26.73	13.64	22.50
	Costado de caseta	5	2	20	1.88	16.2	23.18	30.44	43.56
	Popa de caseta	5	1	20.4	0.80	16.2	19.62	12.94	15.67
	Amurada de proa	6.5	2	22.42	2.46	12.55	28.8	30.84	70.78
	Amurada de popa	7	2	22.3	2.44	6.92	5.83	16.92	14.25
	Total				246.61			1380.7	4967.08



Perfiles	Tipo	Volumen(m ³)	Peso(t)	Zg(m)	Xg(m)	Mz(t.m)	Mx(t.m)
Refuerzos de varenga	Llanta de bulbo 80 x 6	0.211	1.65	0.6	19.2	0.991	31.721
Cuadernas	Llanta – bulbo 180 x 10	1.848	14.47	5.28	22.77	76.401	329.478
Bulárcamas	Llanta – bulbo 200 x 10	0.49	3.84	5.28	22.77	20.258	87.362
Palmejar	L 120 x 10 / 100 x 10	0.176	1.38	3.8	19.2	5.237	26.459
Baos	Llanta de bulbo 100 x 6	0.658	5.15	8.43	24.6	43.433	126.743
Baos fuertes	Llanta de bulbo 260 x 10	1.143	8.95	8.43	24.6	75.446	220.162
Esloras	T 280 x 10/ 260 x 10	0.326	2.55	8.43	23.2	21.518	59.220
Refuerzos de popa de casetas del castillo	HEA 140	0.154	1.21	13.4	20.24	16.158	24.406
Refuerzos del costado de casetas del castillo	HEA 140	0.154	1.21	13.4	25.58	16.158	30.845
Refuerzos de proa de casetas del castillo	HEA 140	0.091	0.71	13.4	30.91	9.548	22.024
Refuerzos de mamparo transversal estanco	Llanta de bulbo 120 x 6	0.136	1.06	2.94	24.62	3.131	26.217
Refuerzos de mamparo longitudinal de	Llanta de bulbo 120 x 6	0.446	3.49	3.19	15.9	11.140	55.526
Tanques							
Total			45.67			299.42	1040.16

Por lo tanto el peso de la estructura y su centro de gravedad:

Peso de estructura con margen de soldadura (t)	306.894
Zg (m)	5.748
Xg (m)	19.629



3. Cálculo de Pesos y C. de g. del Equipo y la Habilitación

Se hará un cálculo de pesos y de centro de gravedad de equipos y de habilitación a partir de las formulas citadas por el libro “Desplazamiento, Cálculo Iterativo del Peso en Rosca y Peso Muerto”.

Los equipos y la habilitación se desglosan en los siguientes elementos:

- Elementos de madera del casco
- Pintura del casco
- Protección catódica
- Equipo de fondeo y amarre
- Equipo de salvamento y contra incendios
- Cierres diversos y accesos
- Habilitación
- Equipo de electricidad
- Equipo antipolución

3.1. Peso del Forro de Madera

El peso de la madera viene dado por la siguiente expresión:

$$W_m = 0.5 * S_c * e_m / 1000$$

$$W_m = 4.029 \text{ t}$$

Siendo:

S_c , área de la cubierta forrada, 134.29 m²

e_m , espesor de la madera, se estima un valor de 60 mm.

3.2. Peso de Pintura del casco

Se estima en comparación con otros buques similares.

$$P = 3 \text{ t}$$

3.3. Peso de la protección catódica

Se determina el peso de la protección por ánodos de sacrificio mediante la siguiente fórmula:

$$P = 0.0004 * S_m * a * y$$

$$P = 1.08 \text{ t}$$



Siendo:

- Sm: Superficie mojada, 675.14 m^2
- a: coeficiente en función del tipo de ánodo, como el ánodo es tipo zinc, $a = 1$.
- y: Número de años de protección, 4.

3.4. Peso de equipo de fondeo y amarre

Los elementos de amarre y fondeo se han determinado en el cuaderno de equipos y servicios, a continuación se hará una estimación de peso de cada uno de esos elementos.

- Peso total de anclas, según el numeral del equipo son tres anclas dos en funcionamiento y la tercera de repuesto, partiendo del peso unitario de 1290 kg:

$$P = 3 \cdot 1290 = 3.87 \text{ t}$$

- Peso total de la cadena, partiendo de la longitud total de la cadena que son 14 largos (cada largo es 27.5 m) y de la densidad 19 kg /m el peso sería:

$$P = 14 \cdot 27.5 \cdot 19 = 7.315 \text{ t}$$

- Peso de molinetes y estopores:

$$P = 3 \text{ t}$$

- Peso de los dos escobenes:

$$P = 0.5 \text{ t}$$

- Peso de elementos de amarre de proa:

$$P = 5.78 \text{ t}$$

- Peso de elementos de amarre de popa:

$$P = 2.89 \text{ t}$$

3.5. Peso de equipo de remolque

Este equipo se ha estimado basando en remolcadores similares con el mismo tiro a punto fijo.

- Peso del cable de remolque:

$$P = 10 \text{ t}$$



- Peso del chigre de remolque:

$$P = 40 \text{ t}$$

- Peso del gancho de remolque:

$$P = 6 \text{ t}$$

3.6. Peso de equipo de salvamento

- Peso de las balsas salvavidas, se dispone de dos unidades:

$$P = 0.08 \text{ t}$$

- Peso de bote de rescate:

$$P = 0.4 \text{ t}$$

- Peso de pescante y chigre:

$$P = 1 \text{ t}$$

- Peso de aros salvavidas , chalecos de salvavidas, traje de inmersión , equipo médico y por ultimo dispositivos de salvamento:

$$P = 1 \text{ t}$$

3.7. Peso de equipo de contraincendios exterior

Se estima el peso de los elementos exteriores de CI:

- Peso de bombas Fi-Fi y tuberías:

$$P = 4.4 \text{ t}$$

- Peso de monitores Fi-Fi:

$$P = 0.85 \text{ t}$$

3.8. Peso de accesorios del casco

- Portillos y ventanas

Se estima de la siguiente forma:

$$P = 0.12 \cdot N$$

$$P = 2.28 \text{ t}$$

Siendo N, número de personas, 19 personas



- **Puertas de acero**

Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$P = 0,56 \cdot (NH+1) + 0,28 \cdot NC$$

Siendo:

- NH: número de cubiertas destinadas a alojamiento, 3.
- NC: número de casetas de chigre, 1.

$$P = 2.52 \text{ t}$$

- **Barandilla exterior**

$$P = 0,245 \cdot (NH+2)$$

$$P = 1.225 \text{ t}$$

- **Escotillas**

Se calcula el peso:

$$P = 0,15 \cdot (2 \cdot NB + 5)$$

Siendo NB el número de bodegas, 2.

$$P = 1.35 \text{ t}$$

- **Escaleras exteriores**

Se obtienen:

$$P = 0.8 \cdot NH + 0.6$$

$$P = 3 \text{ t}$$

3.9. Resto del servicio del casco

- Peso de grúa, el buque se dispone solo de una grúa.

$$P = 1.96 \text{ t}$$

- Peso de chimenea, según el método de Hollenbach, calcularemos

$$P = 0.0034 \cdot L \cdot B$$

$$P = 1.746 \text{ t}$$



3.10. Peso del equipo de navegación

Comparando con otros buques se estima un peso de:

$$P = 3 \text{ t}$$

3.11. Peso de la hélice de maniobra

Según la categoría SCHOTTEL de la hélice de maniobra que se ha definido en el cuaderno de predicción de potencia, tiene un peso de 6.5 t para cada hélice, el peso total sería:

$$P = 13 \text{ t}$$

3.12. Peso de equipos eléctricos

Según la expresión de Hollenbach se obtiene el peso del equipo eléctrico:

$$P = [(L/60) \cdot L_c + P_m]/1000$$

Siendo

- P_m : Potencia de los motores principales, 2040 kw para cada motor.
- L_c : longitud del cable que viene dado por la siguiente expresión:

$$L_c = 1.02 \cdot (1.82 + 0.268 \cdot L + 0.000597 \cdot L^2) = 14.67 \text{ m}$$

$$P = 4.09 \text{ t}$$

3.13. Equipo Antipolución

- Peso de Skimmer flotante hidráulico de bombeo de tornillo con una descarga de bloqueo de 6 pulgadas:

$$P = 0.19 \text{ t}$$

- Peso de bomba sumergible de descarga y de bombeos de transferencia:

$$P = 0.12 \text{ t}$$

- Peso de recogedor de mangueras, con una capacidad para mangueras hidráulicas y de descarga:

$$P = 0.35 \text{ t}$$



En la tabla siguiente viene resumido todos los pesos y los centros de gravedad de los equipos anteriores:

	Elementos	Peso(t)	Zg(m)	Xg(m)	Mz(m.t)	Mx(m.t)
Protección del casco						
	Forro de madera	4.029	6.37	6.87	25.665	27.679
	Pintura del casco	3	7.27	23	21.810	69.000
	Protección catódica	1.08	1.78	15.73	1.922	16.988
Equipo de fondeo y amarre						
	Anclas	3.87	8.36	37.46	32.353	144.970
	Cadenas	7.315	7.95	35	58.154	256.025
	Molinete y estropores	3	12.7	34.93	38.100	104.790
	Escobenes	0.5	12.4	36.15	6.200	18.075
	Elementos de amarre de Proa	5.78	12	35	69.360	202.300
	Elementos de amarre de Popa	2.89	6.77	4	19.565	11.560
Equipo de remolque						
	Cable de remolque	10	6.77	16.94	67.700	169.400
	Chigre de remolque	40	7.12	16.94	284.800	677.600
	Gancho de remolque	6	7.02	14.4	42.120	86.400
Equipo de salvamento						
	Balsas salvavidas	0.08	12.6	25.58	1.008	2.046
	Bote de rescate	0.4	9.9	13.94	3.960	5.576
	Pescante y chigre	1	10.7	16.44	10.700	16.440
	Aros, chalecos, etc.	1	11.6	26.48	11.600	26.480
Equipo de CI exterior						
	Monitores	0.85	18.7	25.58	15.895	21.743
	Bombas y tuberías	4.4	2.16	21.88	9.504	96.272
Accesorios del casco						
	Portillos y ventanas	2.28	10.6	28.34	24.168	64.6152
	Puertas de acero	2.52	7.57	20.34	19.0764	51.2568
	Barandilla exterior	1.225	12.55	25.58	15.37375	31.3355
	Escotillas	1.35	9.2	20	12.42	27
	Escaleras exteriores	3	9.6	20.06	28.8	60.18
Resto del servicio del casco						
	Grúa	1.96	10.2	17.4	19.992	34.104
	Chimenea	1.746	14.3	21.51	24.9678	37.55646
Equipo de antipolución						
	Skimmer	0.19	10.6	16.5	2.014	3.135
	Bombas y tuberías	0.12	2.16	21.88	0.2592	2.6256
	Recogedor de mangueras	0.35	10.8	16.7	3.78	5.845
Equipo de navegación						
	Hélice de maniobra	3	16	26.38	48	79.14
	Equipo eléctrico	13	2.46	32.85	31.98	427.05
		4.09	4.99	27.6	20.4091	112.884
Total		130.025			971.66	2890.07



La tabla siguiente resume los resultados de los pesos y los centros de gravedad de los elementos de habilitación teniendo en cuenta las densidades de cada local:

Cubierta principal	Área	Densidad(kg/m ²)	Peso (t)	Zg(m)	Xg(m)	Mz(m.t)	Mx(m.t)
Camarote de náufragos	42.29	135	5.709	6.37	27	36.367	154.147
Camarote de enfermeras	9.88	135	1.334	6.37	32.6	8.496	43.482
Hospital	16.63	135	2.245	6.37	31.63	14.301	71.011
Aseos	7.75	250	1.938	6.37	30.16	12.342	58.435
Comedor y sala	18.95	120	2.274	6.37	22.36	14.485	50.847
Pasillos	16.44	80	1.315	6.37	27.35	8.378	35.971
Lavandería y almacén de ropa	11.49	175	2.011	6.37	24.05	12.808	48.359
Panol de cubierta	6.75	215	1.451	6.37	21.71	9.244	31.507
Local CO2	5.42	200	1.084	6.37	21.71	6.905	23.534
Aire acondicionado	6.39	175	1.118	6.37	18.99	7.123	21.236
Cubierta de bote							
Camarote para tripulantes	49.73	135	6.714	9.2	29.16	61.765	195.767
Comedor	17.91	120	2.149	9.2	27.94	19.773	60.049
Salón	15.31	120	1.837	9.2	35.48	16.902	65.184
Cocina	17.64	200	3.528	9.2	23.63	32.458	83.367
Gambuza	9.16	190	1.740	9.2	19.22	16.012	33.450
Aire acondicionado	5.95	175	1.041	9.2	19.08	9.580	19.867
Cubierta de castillo							
Camarote de jefe de maquina	6.18	135	0.834	12	29.22	10.012	24.378
Camarote de capitán	6.18	135	0.834	12	29.22	10.012	24.378
Salas pequeñas para oficiales	21.43	120	2.572	12	28.51	30.859	73.316
Camarote de medico	14.44	135	1.949	12	24.06	23.393	46.903
Camarote de oficial	14.44	135	1.949	12	24.06	23.393	46.903
Cubierta de puente							
Puente	33.98	200	6.796	14.8	24.01	100.581	163.172
Total			52.424			485.19	1375.26

Al final obtenemos el peso y el centro de gravedad:

Peso de equipos y habilitación (t)	182.449
Zg (m)	7.985
Xg (m)	23.378



4. Cálculo de Pesos y C. de g. de Maquinaria e Instalaciones Especiales

En esta parte se hará una estimación del peso de la maquinaria propulsora y de los equipos y servicios que mantienen la cámara de máquinas en funcionamiento, los cálculos se basan en los datos suministrados por el fabricante del motor principal.

El resto de los elementos han sido estimados a partir de la información disponible, de buque base y de otros buques de características similares.

En la siguiente tabla se resume los pesos y los centros de gravedad de los elementos de la maquinaria:

Elemento	Peso(t)	Zg(m)	Xg(m)	Mz(t.m)	Mx(t.m)
Propulsión y grupos electrógenos					
Motores principales	36.2	3.21	17.9	116.202	647.980
Generadores	3.304	2.46	19.8	8.128	65.419
Generador de emergencia	1.029	9.8	22.51	10.084	23.163
Silencioso de motores principales	1.38	1.8	19.25	2.484	26.565
Reductor	8.04	1.85	14.46	14.874	116.258
Líneas de eje	20	2.47	8.16	49.400	163.200
Hélice y tobera	20	2.16	0	43.200	0.000
Sistema de combustible					
Bomba de trasiego combustible	0.1	1.6	13.77	0.160	1.377
Purificadora del combustible	0.3	1.6	13.77	0.480	4.131
Bomba manual de emergencia	0.05	1.6	13.82	0.080	0.691
Válvulas...	2	1.6	13.82	3.200	27.640
Sistema de lubricación					
Bomba de trasiego de aceite	0.2	1.6	14.83	0.320	2.966
Purificadora de aceite	0.74	1.6	14.83	1.184	10.974
Resto, válvulas etc.	2	1.6	14.83	3.200	29.660
Sistema de refrigeración					
Bombas de agua dulce	1.2	1.6	16.38	1.920	19.656
Bombas de agua salada	1.2	1.6	16.38	1.920	19.656
Bombas de reserva de agua dulce	0.6	1.6	16.38	0.960	9.828
Bombas de reserva de agua salada	0.6	1.6	16.38	0.960	9.828
Sistema de aire comprimido					
Compresores de aire de arranque	1	1.6	12.46	1.600	12.460
Botellas de aire de arranque	1.25	1.6	12.46	2.000	15.575
Compresor de aire de emergencia	0.15	1.6	12.46	0.240	1.869
Resto, válvulas etc...	2	1.6	12.46	3.200	24.920
Sistema de lastre y sentinas					
Bomba de sentinas	0.8	1.6	26.7	1.280	21.360



	Separador de sentinas	1	1.8	12.63	1.800	12.630
	Bomba de lodos	0.1	1.6	26.7	0.160	2.670
	Resto, válvulas	2	1.6	26.7	3.200	53.400
Sistema de contraincendios						
	Equipo de CI interno	5.27	1.6	23.4	8.432	123.318
	Equipo de CI externo	4.4	1.6	26.7	7.040	117.480
Sistema sanitario						
	Bomba de A.D sanitaria	0.6	1.6	25.2	0.960	15.120
	Calentador de agua	0.1	1.8	25.53	0.180	2.553
	Hidroforo	0.5	2	24.14	1.000	12.070
	Bomba para aguas grises	0.1	1.6	25.2	0.160	2.520
Ventilación y extracción de aire						
	Ventilador de cámara de maquinas	1	9.2	21.51	9.200	21.510
	Ventilador de extracción habitación	1	4.99	27.6	4.990	27.600
	Compresores	0.6	9.2	26.4	5.520	15.840
Total		120.81			309.72	1661.88

Obtenemos el centro de gravedad y el peso de la maquinaria:

Peso de maquinaria (t)	120.813
Zg (m)	2.564
Xg (m)	13.756



5. Peso y c. de g. del buque en rosca

Después de tener los resultados de los tres apartados (peso de estructura, peso de equipo y habilitación y peso de maquinaria) obtenemos en la siguiente tabla el peso en rosca total del buque y su centro de gravedad:

	Peso(t)	Zg(m)	Xg(m)	Mz(m.t)	Mx(m.t)
Estructura	306.894	5.748	19.629	1764.027	6024.022
Equipo y habilitación	182.449	7.985	23.378	1456.855	4265.293
Maquinaria	120.813	2.564	13.756	309.7645	1661.904
Total Peso de Rosca	610.156	5.786	19.587	3530.647	11951.22



6. Referencias

- Libro Desplazamiento, Cálculo Iterativo del Peso en Rosca y Peso Muerto. Meizoso Fernández M.
- Wärtsilä 26 - Product Guide
- El proyecto básico del buque mercante. Alvariño, R., Azpíroz, J.J., y Meizoso F., M.
- www.foilex.com
- www.cat.com



Cuaderno 11:

Situaciones de carga y resistencia longitudinal

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun

Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción.....	2
2. Definición de situaciones de carga.....	3
3. Criterios aplicables según reglamentos.....	3
3.1 Condición de tiro.....	4
3.2 Situación de arrastre y de maniobra.....	5
3.3 Condición Meteorológico.....	8
3.4 Condición de Contra incendios.....	11
4. Calados y estabilidades estática y dinámica para cada situación....	13
4.1 Salida de puerto 100 % consumos.....	13
4.1.1 Condición del tiro.....	16
4.1.2 Situación de Arrastre	18
4.1.3 Situación Meteorológico.....	19
4.1.4 Condición de Contra incendios.....	21
4.2 Navegación 50% de consumos.....	23
4.2.1 Condición del tiro.....	26
4.2.2 Situación de Arrastre.....	28
4.2.3 Situación Meteorológico.....	29
4.2.4 Condición de Contra incendios.....	31
4.3 Llegada al puerto 10 % consumos.....	33
4.3.1 Condición del tiro.....	35
4.3.2 Situación de Arrastre.....	37
4.3.3 Situación Meteorológico.....	38
4.3.4 Condición de Contra incendios.....	40
4.4 llegada al puerto 100% + RECOIL.....	42
4.4.1 Condición del tiro.....	44
4.4.2 Situación de Arrastre.....	46
4.4.3 Situación Meteorológico.....	47
4.4.4 Condición de Contra incendios.....	49
5. Resistencia longitudinal: pesos, empujes, esfuerzos cortantes y momentos flectores.....	51
6. Estabilidad después de avería cuando lo requieren los reglamentos.....	51
7. Referencias.....	52



1. Introducción

Cuando un remolcador ejerce una tarea especial como el tiro, arrastre o lucha contra incendios, se genera un momento de vuelco que provoca su estabilidad. De ahí surgió hacer un estudio sobre si el remolcador es capaz de soportar los brazos escorantes debidos de las misiones que desempeña en las distintas situaciones de carga.

La reglamentación de estabilidad establecida en España por la Inspección General de Buques y Construcción naval para este tipo de buques es 'Circular 2/79'. Y "Estabilidad de Remolcadores" de la Marina Mercante.



2. Definición de situaciones de carga

De acuerdo con los reglamentos de la circular 2/79 sobre la estabilidad de remolcadores, se exige un estudio de la estabilidad en las siguientes situaciones de carga:

- **Salida de puerto (100% consumos)**, Totalmente cargado con carga homogénea distribuida por todos los espacios de carga y con el total de combustible y provisiones.
- **Llagada a puerto (10% consumos)**, Mismas condiciones que el apartado anterior pero con un 10% de combustible y provisiones.
- **En navegación (50% consumos)**
- **Salida de puerto (100% consumos y 100% tanque de REC OIL)**, Con todos los tanques llenos

El objetivo de estudiar y comprobar si el buque tiene suficiente estabilidad en las condiciones anteriores, es por asumir si tendrá suficiente estabilidad para afrontar una situación real.

El estudio de esas situaciones en diferentes porcentajes de consumos, es por ver el efecto de la superficie libre sobre la estabilidad del buque.

3. Criterios aplicables según los reglamentos

A nivel nacional, la norma es la Circular de Marina Mercante nº 9 de 7 de diciembre de 1977 que en un principio afecto a los buques pesqueros y por extensión a los remolcadores y la Circular nº 2 de 22 de mayo del año 1979.

De la Circular 2/79:

El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de valores GZ) no será inferior a 0.055 metros-radianes hasta el ángulo de inclinación de 30º ni inferior a 0,090 metros radianes hasta el ángulo de inclinación de 40º, o hasta el ángulo de comienzo de la inundación a través de las aberturas, si este es menor de 40º. Así mismo, el área bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de inclinación de 30º y de 40º, o entre los ángulos de 30º y el de comienzo de la inundación a través de las aberturas, si éste es menor de 40º, no será inferior a 0.03 metros-radianes.

- El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 metros para un ángulo de inclinación igual o superior a 30º.



- El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora que no será inferior a 25°.
- La altura metacéntrica inicial no será inferior a 0,35 metros.

El ángulo de escora que tomará el remolcador al estar sometido, por separado, a cada uno de los brazos escorantes b_h (que se definirán más adelante), y para cuya escora se produzca el equilibrio estático entre el brazo escorante aplicado y el brazo adrizante del remolcador (desplazamiento x brazo GZ correspondiente al ángulo de escora) será inferior al necesario para que se produzca la zozobra del remolcador o su inundación a través de las aberturas.

Para cada situación de carga, se aplicarán los criterios de estabilidad establecidos de:

- Tiro
- Arrastre
- Viento
- Contraincendios

3.1. Condición de Tiro

La estabilidad del buque para las condiciones de carga de (Pt B, Ch 3) es para estar en conformidad con los requisitos del apartado (Pt D, Ch 14, Sec 2[2.2]) de BV.

La condición del tiro puede tener suficiente estabilidad, según el efecto de la fuerza del tiro en la dirección de remolque, si la siguiente condición cumple:

$$A \geq 0.011$$

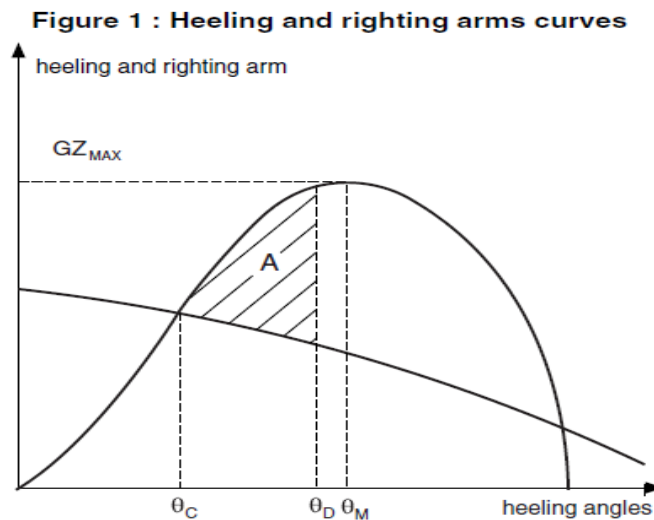
Donde:

A: Área encerrada entre la curva de brazo adrizantes y la curva de brazo escorante, medida desde el ángulo de escora θ_c hasta otro ángulo de escora θ_D .

θ_c : Ángulo de escora de equilibrio, que corresponde al primer intersección del brazo adrizante con el brazo escorante.

θ_D : Ángulo de escora, que se toma el menor valor de los siguientes :

- Ángulo θ_M , correspondiente a la posición de $GZ_{m\acute{a}x}$
- Ángulo de inundación descendente
- 40 °



La curva del brazo de escora se calculará de la siguiente manera:

Donde:

$$b_h = T \cdot H \cdot c \cdot \cos\theta / (9.81 \Delta)$$

b_h : Brazo escorante, en m

T: Máximo tiro a punto fijo, 588.6kN (60 t)

H: Distancia vertical entre gancho del remolque y la mitad del calado correspondiente al desplazamiento Δ .

c: Coeficiente depende del tipo del propulsión de tomarse igual a:

- $c = 1,00$ para los buques con propulsión azimutal

Δ : Desplazamiento en t.

3.2. Situación de Arrastre y de Maniobra

Como consecuencia de la inercia del buque remolcado o por efecto de agentes externos (viento, etc....), puede producirse un cambio de sentido en la aplicación de la fuerza en la línea de remolque, con lo que el remolcador pasa a ser el remolcado. Existen varios elementos de maniobra que intentan reducir los efectos transversales de este momento, por ejemplo, obligando por medio de pines, retenidas o contras a que la línea de remolque trabaje desde un lugar distante del centro del remolcador, que sería el lugar más peligroso. Con este sistema se consigue que el efecto se reduzca a que el remolcador cambie de rumbo, poniéndose en línea con el calabrote que le une al remolcado y que ahora tira de él.

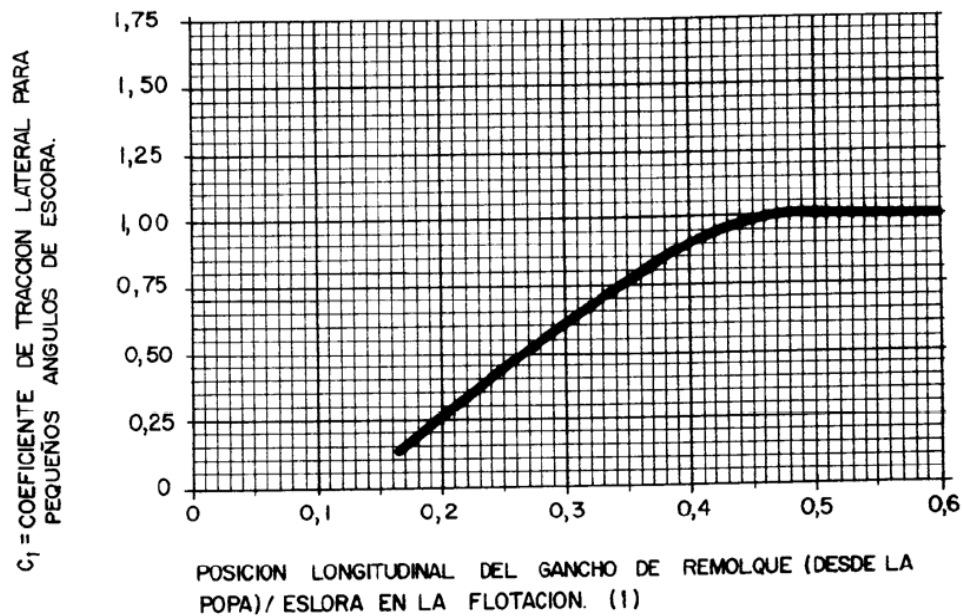


El brazo de escorante se calcula según los reglamentos de la circular 2/79 de la forma siguiente:

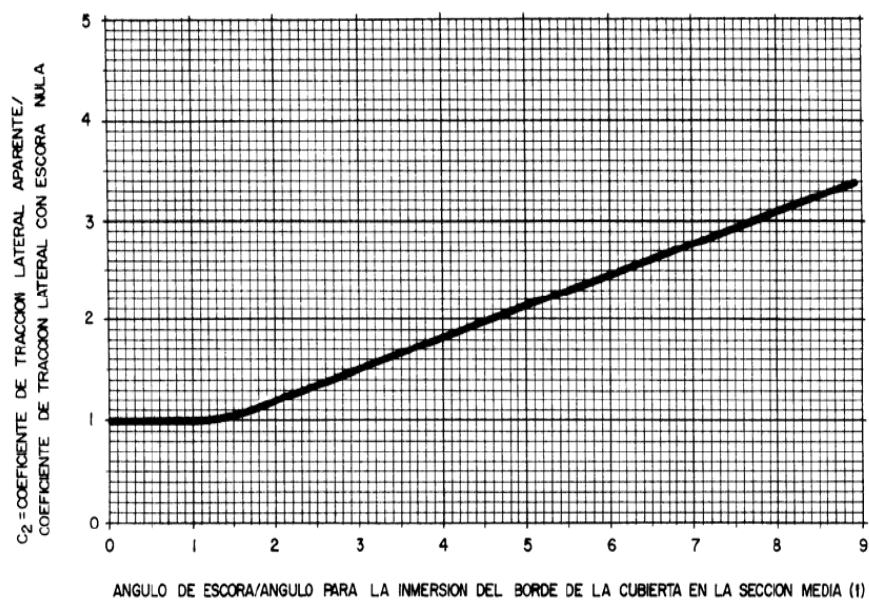
$$b_h = (1/19.6) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot \gamma \cdot V^2 \cdot A_p \cdot (h \cos \theta + C_3 C_m - r \sin \theta) / \Delta$$

Siendo:

- C_1 : Coeficiente de tracción lateral (figura 1), el valor será 0.6.

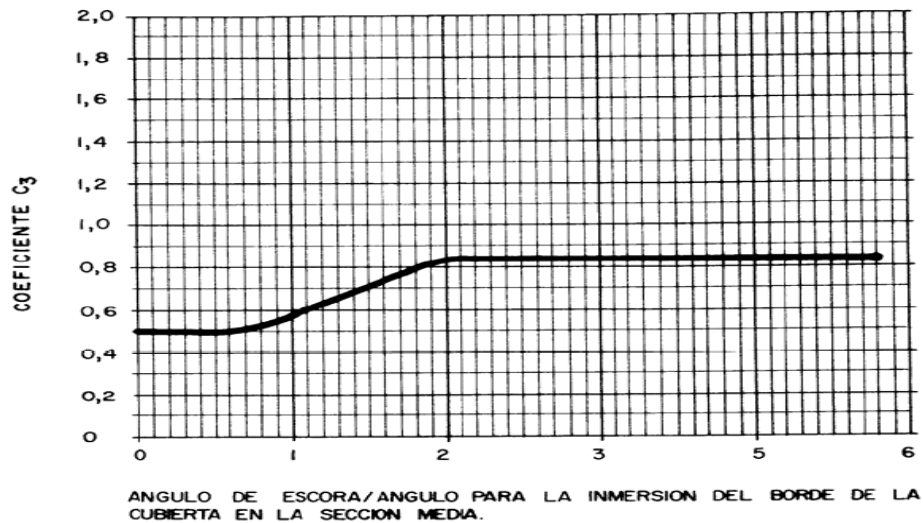


- C_2 : Corrección de C_1 por el ángulo de escora, se saca mediante la figura 2



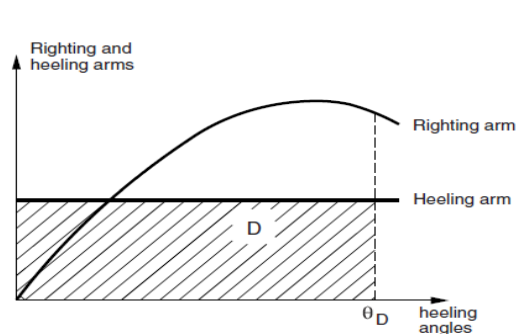
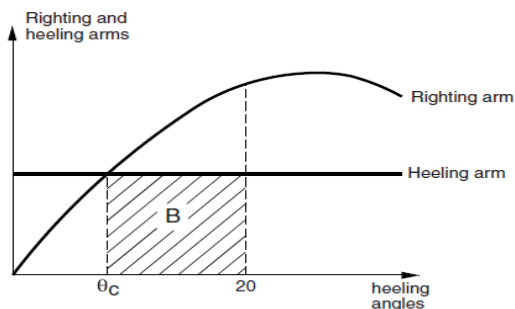
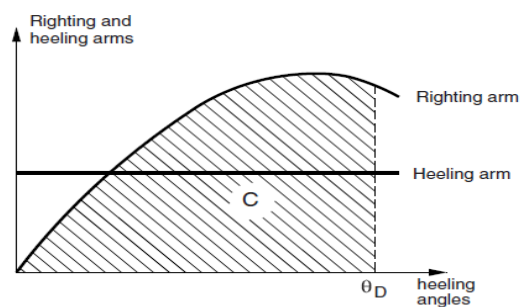
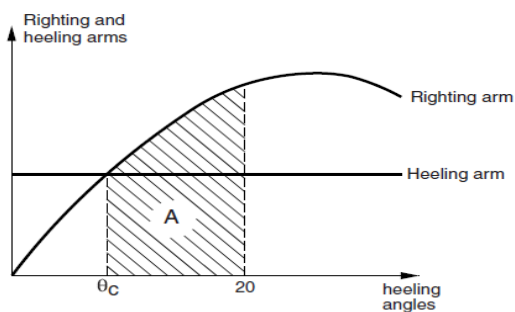


- C_3 : Distancia del centro de presión del área A_p a la flotación, expresada como fracción del calado medio real.



- γ : Peso específico del agua, 1.025 t/m^3 .
- V : Velocidad lateral del buque remolcador, 2.57 m/s (5 nudos).
- A_p : Área de la proyección sobre el plano diametral de la parte sumergida del remolcador
- h : Altura del gancho de remolque sobre la flotación.
- θ : Escora.
- r : Radio del gancho de remolque, 1.52 m
- C_m o T_m : Calado medio en la maestra.

Según los reglamentos de Bureau Veritas en el apartado (Pt D, Ch 14, Sec 2[4.2]) exigen los siguientes criterios de estabilidad en la condición de arrastre:





θ_c : Ángulo de escora de equilibrio, que corresponde al primer intersección del brazo adrizante con el brazo escorante.

θ_D : Ángulo de escora, se toma el menor valor de los siguientes:

- Ángulo de inundación descendente
- 40°

Para la estabilidad debe cumplir:

$$A \geq 1.25 B$$

$$C \geq 1.40 D$$

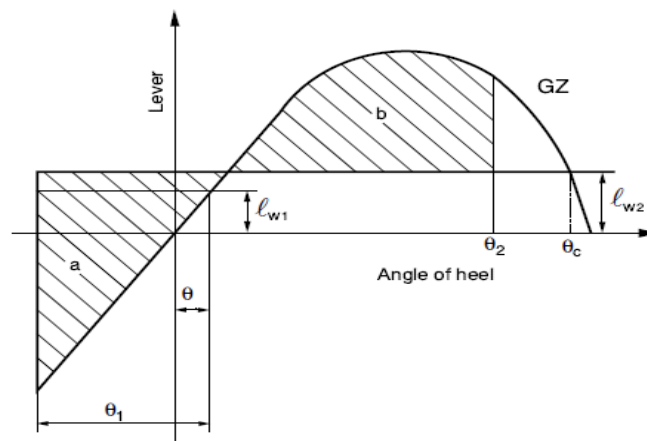
3.3. Condición Meteorológico

Este criterio complementa el criterio de estabilidad intacta sin averías para buques de eslora mayor de 24 m, según el apartado (Pt B, Ch 3, Sec 2. [3.2]) de BV:

La capacidad de un buque para resistir los efectos combinados de viento de través y del balance debe ser demostrada en cada condición estándar de carga (figura 1):

- Cuando un barco se somete a una presión del viento constante perpendicular al eje longitudinal del buque se genera un brazo escorante por efecto del viento constante (l_{w1}).
- A partir del ángulo de equilibrio resultante (θ_0), el barco balancea por la acción de las olas que a un ángulo de balance (θ_1) empieza el barlovento.
- Cuando un el barco se somete a una presión del viento de ráfagas genera también un brazo escorante (l_{w2})
- El ángulo de escora provocado por un viento constante (θ_0) debe ser limitado por el ángulo 16° o 80% del ángulo de borde de la cubierta inmersión. Se tomara el valor mínimo.

Figure 1 : Severe wind and rolling





Para que tenga el remolcador una estabilidad frente a la situación Meteorológica, la curva de estabilidad bajo efecto del viento debe cumplir, que el área "b" debe ser igual o mayor que el área "a".

Donde:

- a: Área que está por encima de la curva GZ y por debajo de lw_2 , entre θ_R y el ángulo de la intersección de lw_2 con la curva GZ
- b: Área por encima de lw_2 y por debajo de la curva GZ, entre el ángulo de la intersección de lw_2 con la curva GZ y el ángulo θ_2
- θ_c : Ángulo de segunda intersección entre brazo escorante de viento a ráfagas lw_2 y la curva GZ.
- θ_1 : Ángulo de balance a barlovento debido a la acción de las olas, se obtiene de la siguiente manera:

$$\theta_1 = 109 \cdot k \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot (r \cdot s)^{1/2}$$

Siendo:

- X_1 : coeficiente definido en la tabla 1

Table 1 : Values of coefficient X_1

B/T ₁	X ₁
≤ 2,4	1,00
2,5	0,98
2,6	0,96
2,7	0,95
2,8	0,93
2,9	0,91
3,0	0,90
3,1	0,88
3,2	0,86
3,4	0,82
≥ 3,5	0,80

- X_2 : coeficiente definido en la tabla 2

Table 2 : Values of coefficient X_2

C _B	X ₂
≤ 0,45	0,75
0,50	0,82
0,55	0,89
0,60	0,95
0,65	0,97
≥ 0,70	1,00



- K: coeficiente definido en la tabla 3

Table 3 : Values of coefficient k

$\frac{A_k \times 100}{L \times B}$	k
0,0	1,00
1,0	0,98
1,5	0,95
2,0	0,88
2,5	0,79
3,0	0,74
3,5	0,72
$\geq 4,0$	0,70

- A_k : Proyección del área lateral de la quilla (debido a su efecto sobre el balance)
- $r = 0.73 \pm 0.6 (OG)/T_m$
- OG: Distancia entre el centro de gravedad y la línea de flotación (positivo si el centro de gravedad está por encima de la línea de flotación, negativo si está por debajo)
- s: factor definido en la tabla 4

Table 4 : Values of factor s

T_R	s
≤ 6	0,100
7	0,098
8	0,093
12	0,065
14	0,053
16	0,044
18	0,038
≥ 20	0,035

- T_R : periodo de balance; $T_R = 2CB/GM^{1/2}$
- $C = 0.373 + 0.023 (B/T_m) - 0.043 (Lw/100)$
- GM: altura metacéntrica corregida por efectos de superficie libre.
- θ_2 : Ángulo de inundación descendente (θ_f , o 50° o θ_c), se escoge el menor valor



Los brazos de escorantes de viento l_{w1} y l_{w2} son valores constantes respecto a todos los ángulos de inclinación y se calculan de la siguiente manera:

$$l_{w1} = P \cdot A \cdot Z / (1000 g \cdot \Delta)$$

$$l_{w2} = 1.5 l_{w1}$$

Donde:

P: Presión del viento, para zonas de navegación sin restricciones es 504 N/m^2

A: área lateral proyectada de la parte del buque y de cubiertas por encima de la línea de flotación.

Z: Distancia vertical del centro del área A al centro del área lateral bajo el agua o al punto medio del calado.

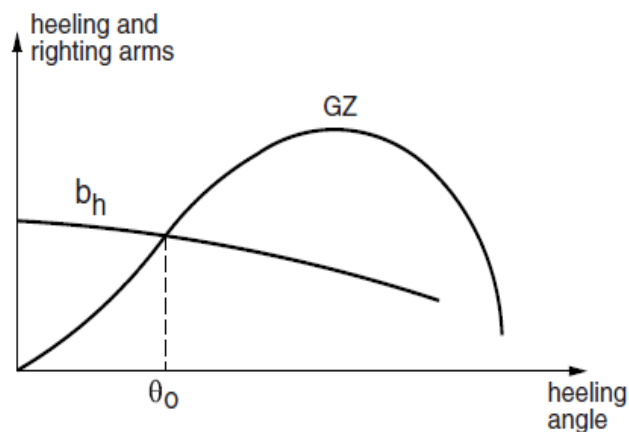
Δ : Desplazamiento t

g: Aceleración debida a la gravedad de 9.81 m/s^2

3.4. Condición de Contraincendios

En caso de la situación de contraincendios, para considerar un buque de suficiente estabilidad (de acuerdo con el efecto de la fuerza de reacción del chorro de agua debido a los monitores montado abordo) si el ángulo de escora de θ_0 equilibrio estático, que corresponde a la primera intersección entre brazo escorante y el brazo adrizante sea menor que 5° .

Figure 1 : Heeling and righting arm curves





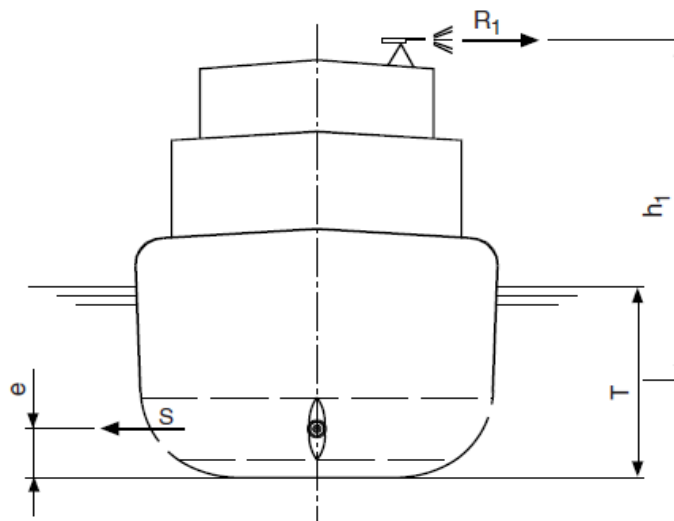
El brazo de escorante se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$b_h = [\sum R_1 \cdot h_1 + S \cdot (T/2 - e)] \cdot \cos\theta / (9.81 \cdot \Delta)$$

Siendo:

- b_h : Brazo escorante, correspondiente a la fuerza de reacción del chorro de agua de los monitores instalados a bordo y al efecto de la maniobra de los propulsores transversal.
- R_1 : Fuerza de reacción del chorro de agua de cada monitor instalado a bordo, 34.3 kN (3.5 t).
- h_1 : Distancia vertical entre la ubicación de cada monitor y la mitad del calado correspondiente a Δ .
- S : Empuje relevante para maniobrar Hélice, 72.2 kN (7.36 t)
- e : Distancia vertical entre el eje del propulsor de maniobra y la quilla, 2.49 m.
- Δ : Desplazamiento, correspondiente a la condición de carga bajo consideración
- T : Calado correspondiente a Δ
- g : Aceleración debida a la gravedad de 9.81 m/s^2

Figure 2 : Reaction force of water jet in the beam direction due to monitors





4. Calados y Estabilidades Estática y Dinámica para cada Situación

4.1. Salida de puerto 100 % consumos

Resumen del contenido de los tanques:

Concepto	Porcentaje	Sounding(m)	W (t)	V(m3)	Xc(m)	Yc(m)	Zc(m)	Mx(m)	My(m)	Mz(m)
LASTRE 1A	100%	0.62	0.082	0.08	34.549	0	0.969	2.834	0	0.08
LASTRE 1B	100%	3.28	43.899	42.829	30.14	0	2.317	1323.116	-0.002	101.716
LASTRE 1D	100%	2.8	3.06	2.986	37.605	0	8.366	115.085	0	25.603
LASTRE 2B	100%	2.4	2.664	2.599	34.877	0	2.761	92.913	0	7.356
LASTRE 1C	100%	2.77	12.305	12.005	35.207	0	5.233	433.22	-0.001	64.39
AD 1C	100%	2.77	20.519	20.519	33.23	0	5.089	681.857	-0.001	104.415
AD 2C	100%	2.77	6.662	6.662	30.595	2.054	4.988	203.822	13.685	33.232
AD 3C	100%	2.77	6.662	6.662	30.595	-2.054	4.988	203.822	-13.685	33.232
AD 4C	100%	1.5	12.701	12.701	-3.587	0	5.745	-45.562	-0.001	72.968
FUEL 1A	100%	0.378	0.17	0.199	11.601	4.356	1.089	1.97	0.74	0.185
FUEL 2A	100%	0.378	0.17	0.199	11.601	-4.356	1.089	1.97	-0.74	0.185
FUEL 3A	100%	1.04	19.047	22.345	13.736	0	0.801	261.625	-0.001	15.263
FUEL DIARIO 1A	100%	0.833	1.424	1.67	13.852	4.664	0.921	19.721	6.64	1.312
FUEL DIARIO 2A	100%	0.833	1.424	1.671	13.852	-4.664	0.921	19.725	-6.641	1.312
FUEL 4A	100%	0.965	0.865	1.015	16.013	4.857	0.834	13.85	4.201	0.721
FUEL 5A	100%	0.965	0.865	1.015	16.013	-4.857	0.834	13.853	-4.202	0.722
FUEL 1B	100%	2.4	14.587	17.112	9.634	4.763	2.744	140.53	69.474	40.032
FUEL 2B	100%	2.4	14.587	17.113	9.634	-4.763	2.744	140.535	-69.477	40.034
FUEL DIARIO 1B	100%	2.4	10.825	12.699	13.62	5.042	2.448	147.432	54.583	26.501
FUEL DIARIO 2B	100%	2.4	10.825	12.699	13.62	-5.042	2.448	147.436	-54.585	26.501
FUEL 3B	100%	2.4	4.596	5.392	15.982	5.182	2.423	73.459	23.817	11.135
FUEL 4B	100%	2.4	4.597	5.393	15.982	-5.182	2.422	73.46	-23.818	11.135
ESP 1A	100%	0.964	2.751	2.684	19.329	4.828	0.842	53.167	13.279	2.317
ESP 1B	100%	2.4	16.134	15.741	19.637	5.14	2.434	316.819	82.932	39.266
ESP 2B	100%	2.4	16.135	15.741	19.637	-5.14	2.434	316.838	-82.937	39.268
ESP 2A	100%	0.964	2.751	2.684	19.329	-4.828	0.842	53.178	-13.282	2.317
A.S 1A	100%	1.15	4.723	5.174	16.414	0	0.639	155.164	0	6.038
A.F 2A	100%	1.15	4.723	5.174	16.414	0	0.639	155.164	0	6.038
ACIETE 1A	100%	1.16	14.704	15.983	18.537	0	0.634	272.574	0	9.319
LODOS Y REBOSOS	100%	1.1	14.495	15.877	21.095	0	0.684	305.773	0	9.909
FUEL 6A	100%	0.99	25.388	29.785	25.22	0	0.774	640.29	-0.001	19.653
FUEL 7A	100%	0.783	1.188	1.393	23.942	3.897	0.941	28.432	4.627	1.118
FUEL 8A	100%	0.783	1.188	1.393	23.942	-3.897	0.941	28.436	-4.628	1.118



FUEL 5B	100%	2.39	12.877	15.107	24.925	4.157	2.534	320.966	53.531	32.634
FUEL 6B	100%	2.39	12.878	15.108	24.925	-4.157	2.534	320.985	-53.534	32.636
REC OIL 1B	0%	0.195	0	0	4.657	4.514	3.6	0	0	0
REC OIL 2B	0%	0.195	0	0	4.657	-4.514	3.6	0	0	0
REC OIL 3B	0%	0.193	0	0	7.146	0	4.94	0	0	0
FUEL 1C	100%	2.77	33.223	38.976	8.398	4.959	5.002	279.019	164.75	166.173
FUEL 2C	100%	2.77	33.225	38.978	8.398	-4.959	5.002	279.033	-164.76	166.182
FUEL 3C	100%	2.77	20.546	24.104	14.94	5.21	4.985	306.962	107.044	102.422
FUEL 4C	100%	2.77	20.546	24.104	14.94	-5.21	4.985	306.965	-107.045	102.424
PESO EN ROSCA	1		610.156		19.587	0	5.786	11951.13	0	3530.362
PESO DE VIVERS	1		2		18.65	0	6.37	37.3	0	12.74
FLUIDOS EN CIRCUITOS	1		3.5		17.63	0	3.6	61.705	0	12.6
TRIPULACION	1		2.38		17.63	0	6.37	41.959	0	15.161
PETRECHOS	1		90		18.6	0	6.37	1674	0	573.3
EQUIPOS DE SEGURIDAD, PANOL Y RESTO	1		100		0	0	0	0	0	0
Total LOADCASE			1238.055	473.577	17.622	0	4.438	21817.37	-0.038	5494.984
FS CORRECCION							0			
							4.438			

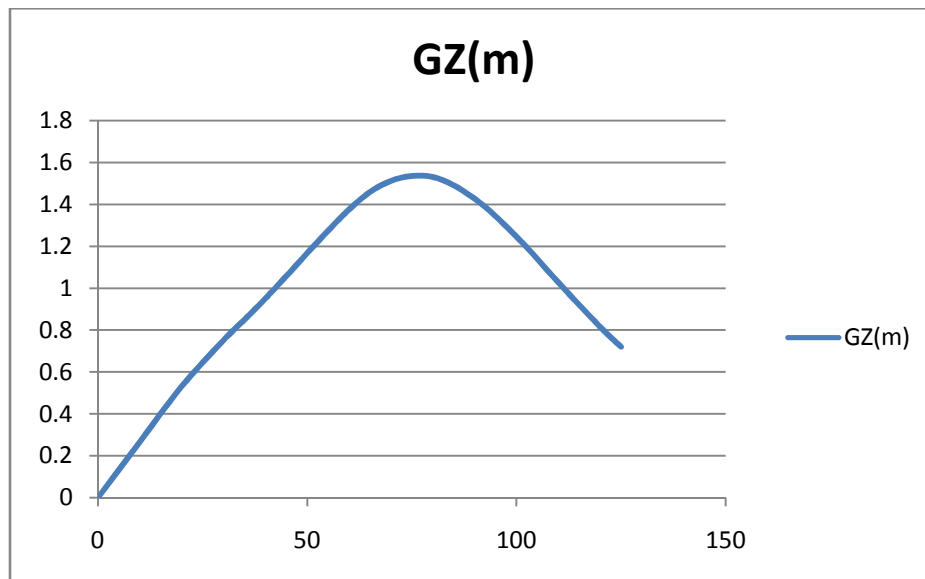


Resumen de la estabilidad y de las características hidrostáticas:

Ángulos (°)	0	10	20	30	40	60	70	80	90	100	110	120	125
GZ (m)	0.000	0.267	0.531	0.751	0.950	1.375	1.511	1.530	1.427	1.246	1.028	0.815	0.720
Est din (m.deg)	0.00	1.33	5.34	11.78	20.29	43.46	57.98	73.29	88.17	101.58	112.96	122.16	125.99
Est din (m.rad)	0.000	0.023	0.093	0.206	0.354	0.758	1.012	1.279	1.539	1.773	1.972	2.132	2.199
Δ (t)	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238	1238
Tpr(m)	4.80	4.84	4.95	4.98	4.85	3.24	0.86	-6.42	n/a	-24.19	-16.68	-14.20	-13.53
Tpp(m)	4.77	4.70	4.52	4.42	4.41	4.69	5.23	7.24	n/a	2.30	-0.02	-0.84	-1.08
T _{LCF} (m)	4.78	4.76	4.70	4.68	4.63	3.90	2.81	-0.26	n/a	-11.66	-8.70	-7.72	-7.45
Tm (m)	4.79	4.77	4.73	4.70	4.63	3.97	3.05	0.41	n/a	-10.94	-8.35	-7.52	-7.30
LWL (m)	40.32	40.78	41.48	41.49	41.45	40.88	39.72	40.47	40.99	41.78	42.43	42.78	42.49
B _{LWL} (m)	11.92	12.10	12.68	13.58	14.31	14.55	13.51	12.97	12.72	12.83	13.34	14.34	15.03
Área _{sumergida} (m ²)	635.31	633.25	640.06	658.74	674.46	697.86	698.82	698.47	690.35	682.79	680.40	685.95	690.91
Área _{flotación} (m ²)	384.21	384.16	374.99	357.05	348.93	344.31	332.23	314.24	306.45	300.15	299.09	303.85	307.74
Cp	0.55	0.55	0.54	0.54	0.54	0.52	0.51	0.49	0.47	0.46	0.44	0.43	0.43
Cb	0.51	0.47	0.39	0.34	0.32	0.32	0.36	0.38	0.35	0.32	0.28	0.26	0.24
LCB (m)	17.62	17.63	17.64	17.65	17.64	17.58	17.52	17.44	17.34	17.21	17.08	16.97	16.91
TCB (m)	0.00	0.54	1.08	1.55	1.98	2.72	2.96	3.09	3.12	3.07	2.96	2.76	2.63
VCB (m)	2.85	2.89	3.04	3.26	3.56	4.45	4.97	5.45	5.87	6.25	6.61	6.97	7.16
LCF (m)	14.82	15.02	15.80	17.19	18.34	20.23	20.61	20.42	19.93	19.60	19.39	19.16	19.03
TCF (m)	0.00	0.27	0.29	0.18	0.37	1.04	1.05	1.08	1.04	0.99	0.91	0.78	0.68
VCF (m)	4.78	4.81	4.81	4.78	4.94	5.70	5.70	5.85	5.91	6.04	6.21	6.38	6.48
KB (m)	2.85	2.89	3.04	3.26	3.56	4.45	4.97	5.45	5.87	6.25	6.61	6.97	7.16
KG (m)	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44
BMt(m)	3.12	3.18	3.08	2.98	3.15	3.73	3.38	2.98	2.83	2.67	2.65	2.80	2.92
BML (m)	30.90	30.76	29.74	26.87	24.98	24.05	23.59	22.15	21.80	21.42	20.81	20.26	19.97
GMt(m)	1.53	1.56	1.39	1.18	1.20	1.38	0.78	0.11	-0.30	-0.69	-0.91	-0.92	-0.86
GML (m)	29.31	29.15	28.05	25.07	23.03	21.70	20.98	19.28	18.67	18.06	17.25	16.54	16.18
KMt(m)	5.97	6.02	5.93	5.83	5.97	6.32	6.12	5.97	5.87	5.79	5.71	5.60	5.51
KML (m)	33.75	33.19	30.98	26.52	22.69	16.48	13.03	9.29	5.87	2.55	-0.43	-3.00	-4.09
θ inclinCb(°)	0.04	10.00	20.01	30.01	40.00	60.01	70.02	80.02	90.00	99.92	109.76	119.48	124.28
θ Trimado(°)	-0.04	-0.22	-0.65	-0.88	-0.68	2.23	6.70	20.17	90.00	35.45	24.12	19.76	18.50



La curva de estabilidad:



Se comprueban los criterios de estabilidad:

- Angulo de inundación: 88.5°
- $GM = 1.526 > 0.35$ en m
- Estabilidad dinámica a $30^\circ = 0.206 > 0.055$ en m·rad
- Estabilidad dinámica a $40^\circ = 0.354 > 0.09$ en m·rad
- $E_{din40} - E_{din30} = 0.148 > 0.03$ en m·rad
- GZ a $30^\circ = 0.751 > 0.2$ en m
- GZ máximo es 1.538 m a 76.4° es mayor que 25°

El buque cumple todos los criterios de estabilidad

4.1.1. Condición del tiro

Los parámetros necesarios en esta condición son:

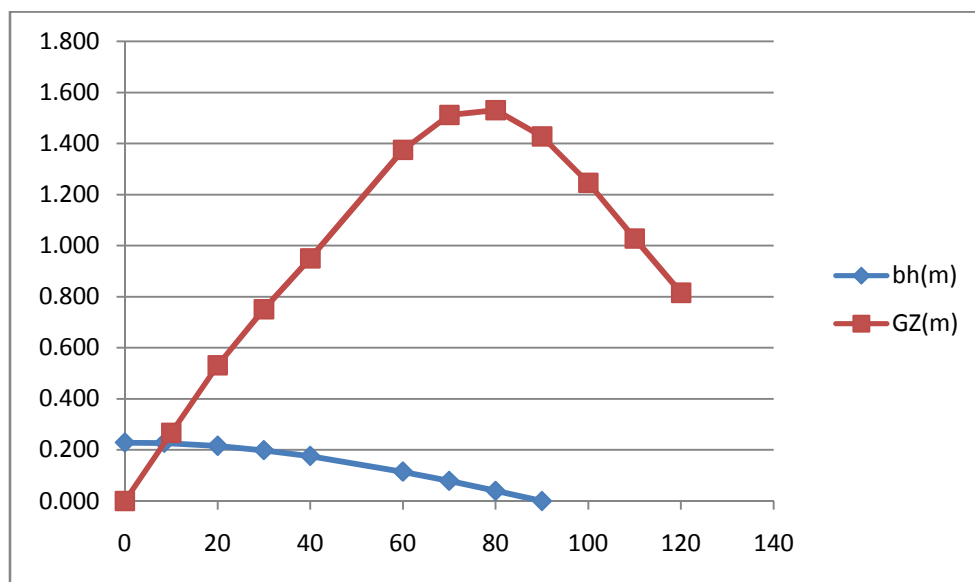
- T_m : Calado medio, 4.79 m
- T : tiro máximo a punto fijo, 60 t
- h : distancia vertical entre el gancho del remolque y la mitad del calado, 4.75 m
- Δ : desplazamiento, 1238 t
- c : para buques con propulsión azimutales, es 1.00



El brazo escorante del tiro:

θ°	$bh(m)$
0	0.229
10	0.227
20	0.216
30	0.199
40	0.176
60	0.115
70	0.079
80	0.040
90	0.000

En la grafica siguiente se representa brazo adrizante y brazo escorante por efecto del tiro:



Se observa que:

θ_c : Angulo de intersección es 8.5°

θ_D : se toma el menor valor de los ángulos(θ_f , θ_M , 40°), 40° .

Se comprueba la estabilidad del barco en la situación del tiro mediante el área siguiente:

$$A = 0.207 > 0.011 \text{ en m}\cdot\text{rad} \text{ Si cumple}$$



4.1.2. Situación de Arrastre

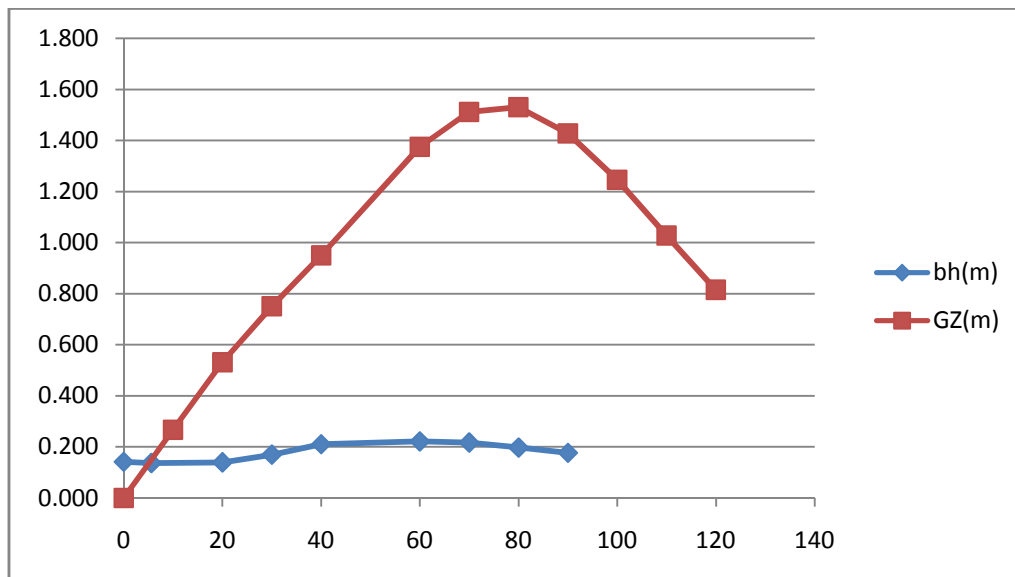
Los parámetros necesarios en esta condición son los siguientes:

- A_p : Área sumergida proyectada sobre el plano diametral, 178.37m^2
- h : Altura del gancho de remolque sobre la flotación, 2.35m
- r : Radio del gancho de remolque, 1.52m
- C_m : Calado medio en la maestra, 4.79m

El brazo escorante debido a la condición de arrastre:

$\theta(^{\circ})$	C2	C3	bh(m)
0	1	0.5	0.142
10	1	0.5	0.133
20	1.024	0.6	0.140
30	1.228	0.7	0.170
40	1.456	0.84	0.211
60	1.911	0.84	0.222
70	2.138	0.84	0.217
80	2.252	0.84	0.197
90	2.366	0.84	0.177

En la siguiente grafica se representa el brazo escorante de arrastre con el brazo adrizante:



Se observa que:

θ_c : Angulo de intersección es 5.6°



θ_D : Se toma el menor valor de los ángulos mencionados anteriormente, 40 °.

Se comprueba Los criterios de estabilidad del buque frente la operación de arrastre mediante las áreas siguientes:

- A= 4.81 deg.m
- B=1.973 deg.m
- C= 20.29 deg.m
- D= 5.48 deg.m

$$A / B = 2.43 \geq 1.25 \text{ si cumple}$$

$$C / D = 3.7 \geq 1.40 \text{ si cumple}$$

4.1.3. Situación Meteorológico

Los parámetros necesarios en esta condición son:

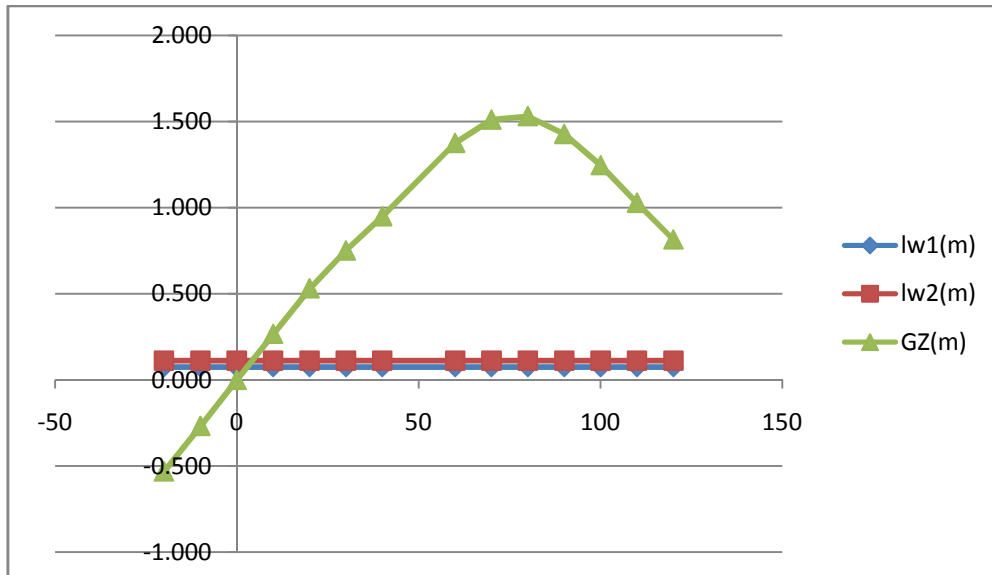
- P: presión del viento en zonas de navegación sin restricciones es 504 N/m²
- A: área lateral proyectada por encima de la línea de flotación, 269.45m²
- Z: distancia vertical del centro de área A al centro de área lateral bajo línea de flotación o al punto medio del calado, 6.65 m
- Δ : 1238 t

Se representa los brazos escorantes por condiciones de viento (viento de ráfagas y viento constante) y el brazo adrizante:

θ	$Lw_1(m)$	$Lw_2(m)$	$GZ(m)$
-20	0.074	0.112	-0.531
-10	0.074	0.112	-0.267
0	0.074	0.112	0
10	0.074	0.112	0.267
20	0.074	0.112	0.531
30	0.074	0.112	0.751
40	0.074	0.112	0.95
60	0.074	0.112	1.375
70	0.074	0.112	1.511
80	0.074	0.112	1.53
90	0.074	0.112	1.427
100	0.074	0.112	1.246
110	0.074	0.112	1.028
120	0.074	0.112	0.815



En la siguiente grafica se presenta los tres brazos (brazo adrizante, brazo escorante de viento constante y brazo escorante de viento a ráfagas):



Se observa que:

θ : Angulo de intersección entre brazo escorante de viento a ráfaga lw_2 y la curva del brazo adrizante es 4.5° .

θ : Angulo de Escora Debido al Viento Constante lw_1 es de 2.2°

θ_2 : Se toma el menor valor de los ángulos (θ_f , o 50° o θ_c), 50° .

θ_1 : Angulo de balance a barlovento es de 16.4° .

- $X_1 = 0.98$
- $X_2 = 0.82$
- $K = 0.7$
- $r = 0.77$
- $s = 0.093$

Para los criterios de estabilidad se calcula y se compara el área a con área b:

- $a = 0.08 \text{ m.rad}$
- $b = 0.439 \text{ m.rad}$

Como $b > a$ si cumple



4.1.4. Condición de Contraincendios

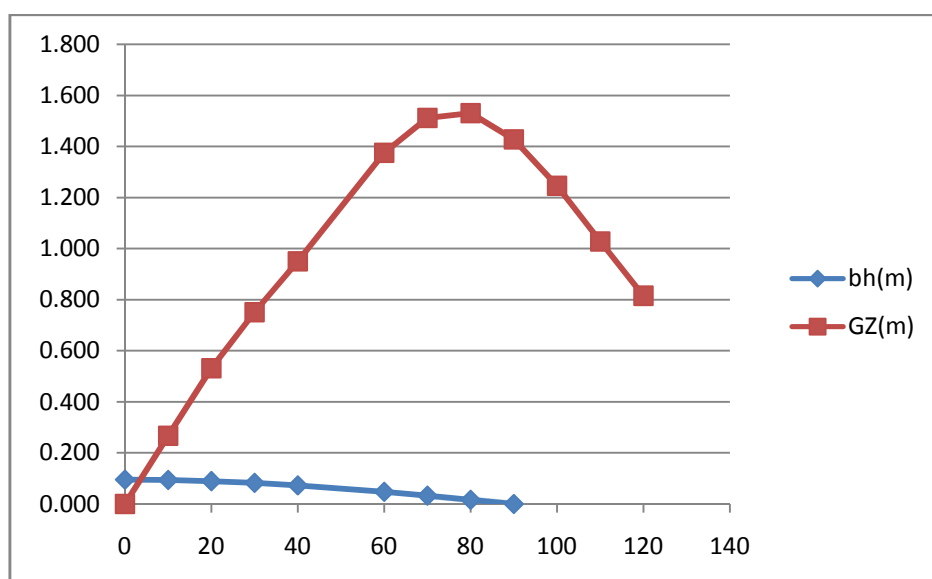
Los parámetros necesarios en esta condición son:

- R_1 : Fuerza de reacción del chorro de agua de cada monitor instalado a bordo, 3.5 t.
- h_1 : Distancia vertical entre la ubicación de cada monitor y la mitad del calado, 16.97m
- S: Empuje relevante para maniobrar la hélice, 7.36 t
- e: Distancia vertical entre el eje del propulsor de maniobra y la quilla, 2.49 m.
- Δ : Desplazamiento, 1238 t
- T: Calado, 4.79 m

El brazo escorante por efecto del monitor:

θ	$bh(m)$
0	0.095
10	0.094
20	0.090
30	0.082
40	0.073
60	0.048
70	0.033
80	0.017
90	0.000

Se representa el brazo adrizante y el brazo escorante del monitor:





Se comprueba la estabilidad:

El ángulo de intersección entre la curva de brazo adrizante y la curva del brazo escorante es:

$$\theta_0 = 3.5^\circ < 5^\circ$$

Si cumple, el buque es capaz de soportar los efectos de las fuerzas de reacción producidas por los monitores de contraincendios.



4.2. Navegación 50% de consumos

Resumen del contenido de los tanques:

Concepto	Porcentaje	Sounding(m)	W (t)	V(m3)	Xc(m)	Yc(m)	Zc(m)	Mx(t.m)	My(t.m)	Mz(t.m)
LASTRE 1A	100%	0.62	0.082	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LASTRE 1B	100%	3.28	43.899	42.829	34.55	0.00	0.97	2.83	0.00	0.08
LASTRE 1D	100%	2.8	3.06	2.986	30.14	0.00	2.32	1323.12	0.00	101.72
LASTRE 2B	100%	2.4	2.664	2.599	37.61	0.00	8.37	115.09	0.00	25.60
LASTRE 1C	100%	2.77	12.305	12.005	34.88	0.00	2.76	92.91	0.00	7.36
AD 1C	50%	2.085	10.26	10.26	35.21	0.00	5.23	433.22	0.00	64.39
AD 2C	50%	1.913	3.331	3.331	33.21	0.00	4.41	340.75	0.00	45.22
AD 3C	50%	1.913	3.331	3.331	30.58	2.05	4.30	101.87	6.84	14.31
AD 4C	50%	1.124	6.351	6.351	30.58	-2.05	4.30	101.87	-6.84	14.31
FUEL 1A	98%	0.378	0.166	0.195	-3.56	0.00	5.42	-22.57	0.00	34.43
FUEL 2A	98%	0.378	0.166	0.195	11.60	4.35	1.09	1.93	0.72	0.18
FUEL 3A	98%	1.04	18.666	21.898	11.60	-4.35	1.09	1.93	-0.73	0.18
FUEL DIARIO 1A	50%	0.833	0.712	0.835	13.73	0.00	0.79	256.27	0.00	14.80
FUEL DIARIO 2A	50%	0.833	0.712	0.835	13.98	4.60	0.77	9.95	3.27	0.55
FUEL 4A	98%	0.965	0.848	0.994	13.98	-4.60	0.77	9.95	-3.27	0.55
FUEL 5A	98%	0.965	0.848	0.995	16.01	4.85	0.83	13.57	4.11	0.70
FUEL 1B	98%	2.4	14.295	16.77	16.01	-4.85	0.83	13.57	-4.12	0.70
FUEL 2B	98%	2.4	14.296	16.771	9.63	4.76	2.73	137.64	68.04	38.99
FUEL DIARIO 1B	50%	1.633	5.412	6.35	9.63	-4.76	2.73	137.64	-68.04	38.99
FUEL DIARIO 2B	50%	1.633	5.412	6.35	13.63	5.01	1.87	73.76	27.12	10.11
FUEL 3B	98%	2.4	4.505	5.285	13.63	-5.01	1.87	73.76	-27.12	10.11
FUEL 4B	98%	2.4	4.505	5.285	15.98	5.18	2.40	71.99	23.34	10.81
ESP 1A	50%	0.964	1.375	1.342	15.98	-5.18	2.40	71.99	-23.34	10.81
ESP 1B	50%	1.67	8.067	7.87	19.16	4.75	0.64	26.35	6.53	0.88
ESP 2B	50%	1.67	8.067	7.871	19.60	5.12	1.85	158.07	41.32	14.89
ESP 2A	50%	0.964	1.376	1.342	19.60	-5.12	1.85	158.08	-41.32	14.89
A.S 1A	50%	0.991	2.365	2.59	19.16	-4.75	0.64	26.36	-6.53	0.88
A.F 2A	50%	0.991	2.365	2.59	19.16	-4.75	0.64	26.36	-6.53	0.88
ACIETE 1A	50%	1.014	7.352	7.991	16.42	0.00	0.36	77.59	0.00	1.69
LODOS Y REBOSOS	50%	1.018	7.248	7.938	18.53	0.00	0.35	136.23	0.00	2.58
FUEL 6A	98%	0.99	24.881	29.189	21.08	0.00	0.42	152.77	0.00	3.04
FUEL 7A	98%	0.783	1.164	1.365	25.19	0.00	0.77	626.78	0.00	19.05
FUEL 8A	98%	0.783	1.164	1.365	23.92	3.90	0.94	27.84	4.54	1.09
FUEL 5B	98%	2.39	12.62	14.805	23.92	-3.90	0.94	27.84	-4.54	1.09
FUEL 6B	98%	2.39	12.621	14.806	24.91	4.16	2.51	314.36	52.46	31.71
REC OIL 1B	0%	0.296	0	0	24.91	-4.16	2.51	314.38	-52.46	31.71
REC OIL 2B	0%	0.296	0	0	4.27	4.23	3.60	0.00	0.00	0.00



REC OIL 3B	0%	0.285	0	0	4.27	-4.23	3.60	0.00	0.00	0.00
FUEL 1C	98%	2.77	32.558	38.196	3.02	0.00	4.94	0.00	0.00	0.00
FUEL 2C	98%	2.77	32.56	38.198	8.39	4.96	4.97	273.00	161.45	161.96
FUEL 3C	98%	2.77	20.135	23.622	8.39	-4.96	4.97	273.01	-161.46	161.97
FUEL 4C	98%	2.77	20.135	23.622	14.93	5.21	4.96	300.64	104.90	99.82
Peso en Rosca	1		610.16		14.93	-5.21	4.96	300.64	-104.90	99.82
Peso de Víveres	1		2		19.59	0.00	5.79	11951.13	0.00	3530.36
Fluidos en circuitos	1		3.5		18.65	0.00	6.37	37.30	0.00	12.74
Tripulación	1		2.38		17.63	0.00	3.60	61.71	0.00	12.60
Pertrechos	1		90		17.63	0.00	6.37	41.96	0.00	15.16
Equipos de seguridad, panol y resto			100		18.60	0.00	6.37	1674.00	0.00	573.30
Total LOADCASE			1159.9	391.229	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FS corrección					17.52	0.00	4.51	20323.09	-0.03	5236.09
							0.22			
							4.73			

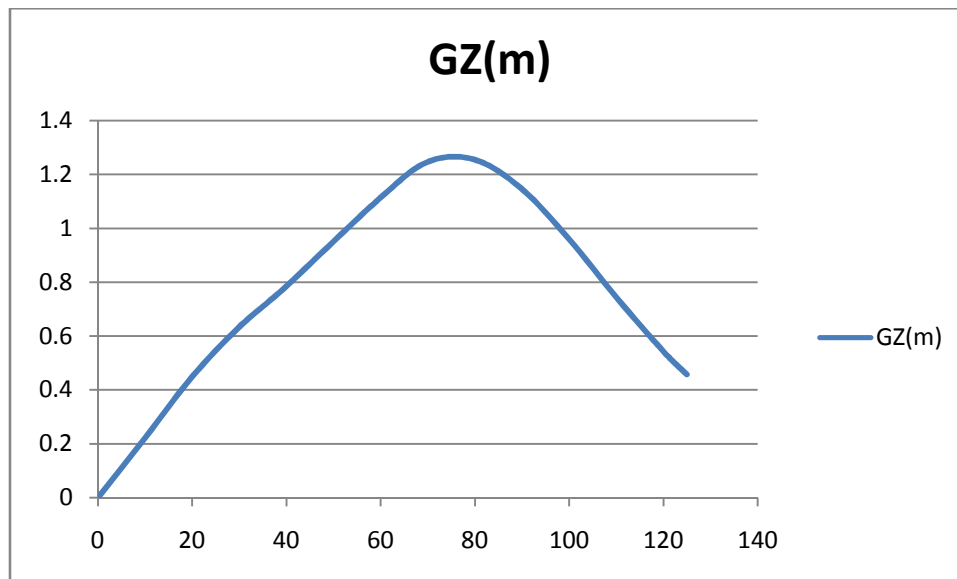


Resumen de la estabilidad y de las características hidrostáticas:

Ángulos (°)	0	10	20	30	40	60	70	80	90	100	110	120	125
GZ (m)	0	0.222	0.449	0.634	0.785	1.114	1.246	1.254	1.145	0.959	0.744	0.543	0.457
Estdin (m.deg)	0.00	1.10	4.48	9.93	17.04	35.81	47.69	60.29	72.37	82.93	91.45	97.87	100.36
Estdin (m.rad)	0	0.019	0.078	0.173	0.297	0.625	0.832	1.052	1.263	1.447	1.596	1.708	1.752
Δ (t)	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160
Tpr (m)	4.39	4.44	4.56	4.62	4.51	2.90	0.41	-7.40	n/a	-25.36	-17.25	-14.57	-13.83
Tpp (m)	4.71	4.64	4.43	4.27	4.17	4.12	4.29	5.33	n/a	0.53	-0.94	-1.46	-1.62
T _{LCF} (m)	4.58	4.56	4.48	4.43	4.34	3.46	2.13	-1.55	n/a	-12.95	-9.35	-8.12	-7.78
Tm (m)	4.55	4.54	4.49	4.44	4.34	3.51	2.35	-1.04	n/a	-12.42	-9.10	-8.02	-7.73
LWL (m)	40.11	40.57	41.35	41.37	41.33	40.75	39.23	40.17	40.73	41.56	42.25	42.82	42.73
B _{LWL} (m)	11.92	12.10	12.68	13.40	14.11	14.58	13.54	12.97	12.69	12.80	13.31	14.31	14.80
Área _{sumergida} (m ²)	616.06	613.92	616.68	634.98	649.71	672.37	679.90	668.86	655.38	646.31	647.65	655.25	660.37
Área _{flotación} (m ²)	380.00	379.78	375.47	354.02	344.44	341.84	336.62	313.12	306.21	296.16	294.23	299.07	302.62
Cp	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.52	0.52	0.49	0.47	0.45	0.44	0.43	0.43
Cb	0.49	0.46	0.38	0.34	0.31	0.31	0.36	0.38	0.35	0.31	0.28	0.25	0.24
LCB (m)	17.51	17.52	17.53	17.54	17.54	17.48	17.43	17.35	17.23	17.11	16.99	16.88	16.83
LCF (m)	14.80	15.00	15.67	17.00	18.16	20.07	20.72	20.10	19.50	19.37	19.19	18.91	18.76
TCF (m)	0.00	0.28	0.38	0.31	0.50	1.25	1.28	1.30	1.25	1.22	1.14	0.99	0.88
VCF (m)	4.58	4.61	4.62	4.61	4.76	5.62	5.65	5.80	5.86	6.06	6.23	6.41	6.52
KB (m)	2.72	2.77	2.92	3.16	3.47	4.38	4.93	5.43	5.87	6.27	6.65	7.03	7.22
KG (m)	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73	4.73
BMt (m)	3.28	3.35	3.37	3.09	3.19	3.92	3.63	3.19	3.02	2.79	2.75	2.90	3.01
BML (m)	32.00	31.89	31.20	28.19	26.19	25.22	25.80	23.33	23.71	22.62	21.72	21.39	21.20
GMt (m)	1.27	1.32	1.28	0.91	0.88	1.29	0.80	0.14	-0.25	-0.67	-0.85	-0.81	-0.74
GML (m)	30.00	29.86	29.12	26.01	23.89	22.59	22.97	20.27	20.44	19.17	18.12	17.68	17.45
KMt (m)	6.00	6.07	6.09	5.84	5.91	6.34	6.17	5.99	5.87	5.79	5.72	5.60	5.52
KML (m)	34.72	34.18	32.24	27.57	23.53	16.99	13.75	9.48	5.87	2.37	-0.70	-3.51	-4.73
θ inclinCb (°)	0.49	10.00	20.00	30.00	40.00	60.00	70.01	80.02	90.00	99.93	109.77	119.50	124.31
θ Trimado (°)	0.49	0.30	-0.19	-0.55	-0.51	1.88	5.95	18.90	90.00	34.84	23.67	19.41	18.18



La curva de estabilidad:



Se comprueban los criterios de estabilidad:

- Angulo de inundación: 89.3°
- $GM = 1.273 > 0.35$ en m
- Estabilidad dinámica a $30^\circ = 0.173 > 0.055$ en $m \cdot rad$
- Estabilidad dinámica a $40^\circ = 0.297 > 0.09$ en $m \cdot rad$
- $E_{din40} - E_{din30} = 0.124 > 0.03$ en $m \cdot rad$
- GZ a $30^\circ = 0.634 > 0.2$ en m
- GZ máximo es 1.266 m a 75.5° es mayor que 25°

El buque cumple todos los criterios de estabilidad

4.2.1. Condición del tiro

Los parámetros necesarios en esta condición son:

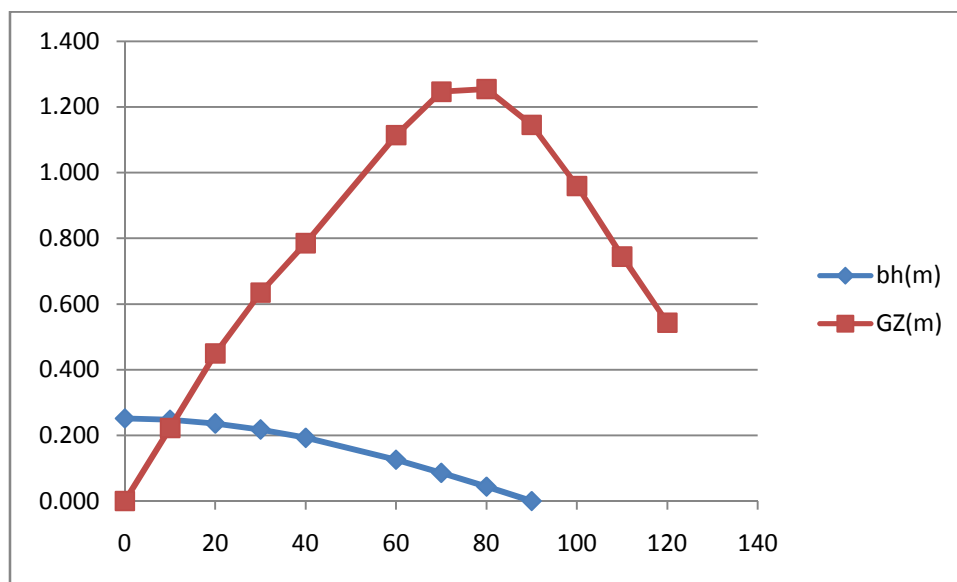
- T_m : Calado medio, 4.55 m
- T : tiro máximo a punto fijo, 60 t
- h : distancia vertical entre el gancho del remolque y la mitad del calado, 4.87 m
- Δ : desplazamiento, 1291 t
- c : para buques con propulsión azimutales, es 1.00



El brazo escorante del tiro:

θ°	$bh(m)$
0	0.252
10	0.248
20	0.237
30	0.218
40	0.193
60	0.126
70	0.086
80	0.044
90	0.000

En la grafica siguiente se representa brazo adrizante y brazo escorante por el efecto del tiro:



Se observa que:

θ_c : el Angulo de intersección es 11.3°

θ_D : se toma el menor valor de los ángulos ($\theta_f, \theta_M, 40^\circ$), 40° .

Se comprueba la estabilidad del barco en la situación del tiro mediante el área siguiente:

$$A = 0.14 > 0.011 \quad \text{en m} \cdot \text{rad} \quad \text{Si cumple}$$



4.2.2. Situación de Arrastre

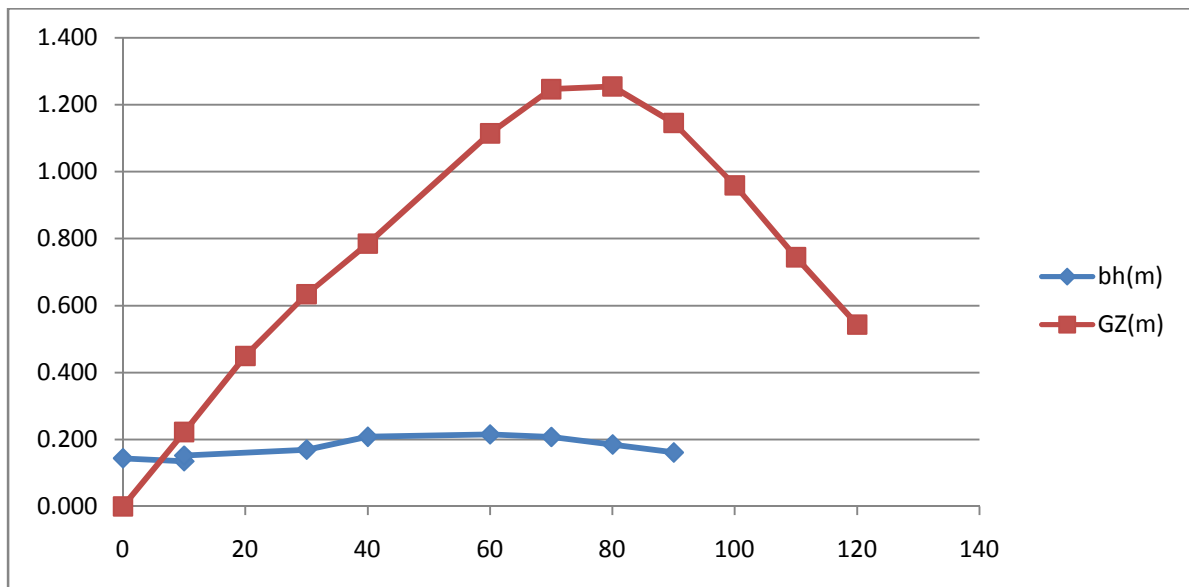
Los parámetros necesarios en esta condición son:

- A_p : Área sumergida proyectada sobre el plano diametral, 165.70 m^2
- h : Altura del gancho de remolque sobre la flotación, 2.59 m
- r : Radio del gancho de remolque, 1.52 m
- C_m : Calado medio en la maestra, 4.55 m

El brazo escorante por efecto de arrastre:

$\theta(^{\circ})$	C2	C3	bh(m)
0	1	0.5	0.144
10	1	0.5	0.135
20	1.024	0.6	0.141
30	1.228	0.7	0.170
40	1.456	0.84	0.208
60	1.911	0.84	0.215
70	2.138	0.84	0.208
80	2.252	0.84	0.185
90	2.366	0.84	0.161

En la siguiente grafica se representa el brazo escorante de arrastre con el brazo adrizante:



Se observa que:

θ_c : Angulo de intersección es 6.4°



θ_D : Se toma el menor valor de los ángulos (θ_f , 40°), 40° .

Se comprueba Los criterios de estabilidad frente el arrastre y la maniobra mediante las siguientes áreas:

- A= 4.05deg.m
- B= 1.93 deg.m
- C= 17.04 deg.m
- D= 5.68 deg.m

$$A / B = 2.1 \geq 1.25 \text{ si cumple}$$

$$C / D = 3 \geq 1.40 \text{ si cumple}$$

4.2.3. Situación Meteorológico

Los parámetros necesarios en esta condición son:

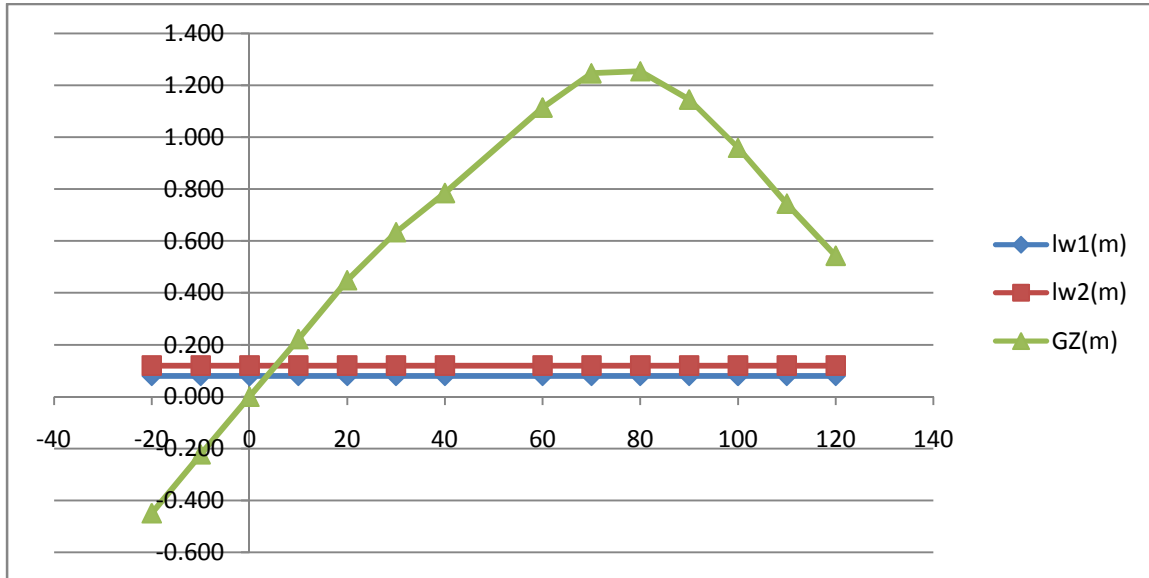
- P: Presión del viento en zonas de navegación sin restricciones es 504 N/m^2
- A: área lateral proyectada por encima de la línea de flotación, 275.39 m^2
- Z: distancia vertical del centro de área A al centro de área lateral bajo línea de flotación o al punto medio del calado, 6.56 m
- Δ : 1160 t

Se representa los brazos escorantes por condiciones de viento (viento de ráfagas y viento constante) y el brazo adrizante:

θ	$Lw_1(m)$	$Lw_2(m)$	$GZ(m)$
-20	0.080	0.120	-0.449
-10	0.080	0.120	-0.222
0	0.080	0.120	0
10	0.080	0.120	0.222
20	0.080	0.120	0.449
30	0.080	0.120	0.634
40	0.080	0.120	0.785
60	0.080	0.120	1.114
70	0.080	0.120	1.246
80	0.080	0.120	1.254
90	0.080	0.120	1.145
100	0.080	0.120	0.959
110	0.080	0.120	0.744
120	0.080	0.120	0.543



En la siguiente grafica se presenta los tres brazos (brazo adrizante, brazo escorante de viento constante y brazo escorante de viento a ráfagas):



Se observa que:

θ : ángulo de intersección entre el brazo escorante de viento a ráfaga lw_2 y la curva del brazo adrizante es 5° .

θ : Angulo de Escora Debido al Viento Constante lw_1 es de 3.3°

θ_2 : se toma el menor valor de los ángulos (θ_f , o 50° o θ_c), 50° .

θ_1 : angulo de balance a barlovento es de 14.94° .

- $X_1 = 0.96$
- $X_2 = 0.82$
- $K = 0.7$
- $r = 0.711$
- $s = 0.087$

Para los criterios de estabilidad se calcula y se compara el área a con b:

$a = 0.055 \text{ m.rad}$

$b = 0.333 \text{ m.rad}$

Como $b > a$ si cumple



4.2.4. Condición de Contraincendios

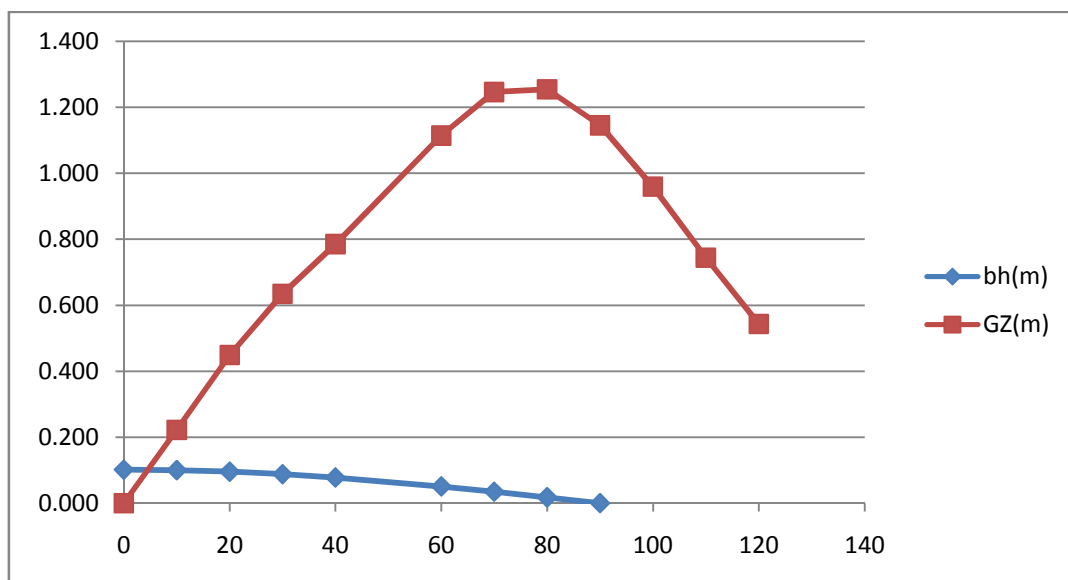
Los parámetros necesarios en esta condición son:

- R_1 : Fuerza de reacción del chorro de agua de cada monitor instalado a bordo, 3.5 t.
- h_1 : Distancia vertical entre la ubicación de cada monitor y la mitad del calado, 17.02 m
- S: Empuje relevante para maniobrar Hélice, 7.36 t
- e: Distancia vertical entre el eje del propulsor de maniobra y la quilla, 2.49 m.
- Δ : Desplazamiento, 1160 t
- T: Calado, 4.55 m

El brazo escorante por efecto del monitor:

θ	$bh(m)$
0	0.101
10	0.100
20	0.095
30	0.088
40	0.078
60	0.051
70	0.035
80	0.018
90	0.000

Se representa el brazo adrizante con el brazo escorante por efecto de monitor:





Se comprueba el criterio de estabilidad:

El ángulo de intersección entre la curva de brazo adrizante y la curva del brazo escorante es:

$$\theta_0 = 4.3^\circ < 5^\circ$$

Si cumple, el buque es capaz de soportar los efectos de las fuerzas de reacción producidas por los monitores de contraincendios.



4.3. Llegada al puerto 10 % consumos

Resumen del contenido de los tanques:

Concepto	Porcentaje	Sounding(m)	W (t)	V(m3)	Xc(m)	Yc(m)	Zc(m)	Mx(t.m)	My(t.m)	Mz(t.m)
LASTRE 1A	100%	0.62	0.082	0.080	34.55	0.00	0.97	2.83	0.00	0.08
LASTRE 1B	100%	3.28	43.899	42.829	30.14	0.00	2.32	1323.12	0.00	101.72
LASTRE 1D	100%	2.80	3.060	2.986	37.61	0.00	8.37	115.09	0.00	25.60
LASTRE 2B	100%	2.40	2.664	2.599	34.88	0.00	2.76	92.91	0.00	7.36
LASTRE 1C	100%	2.77	12.305	12.005	35.21	0.00	5.23	433.22	0.00	64.39
AD 1C	10%	1.22	2.052	2.052	33.18	0.00	3.78	68.08	0.00	7.75
AD 2C	10%	1.08	0.666	0.666	30.47	2.05	3.74	20.30	1.37	2.49
AD 3C	10%	1.08	0.666	0.666	30.47	-2.05	3.74	20.30	-1.37	2.49
AD 4C	10%	0.22	1.270	1.270	-3.38	0.00	5.07	-4.30	0.00	6.44
FUEL 1A	90%	0.38	0.153	0.179	11.60	4.34	1.08	1.77	0.66	0.17
FUEL 2A	90%	0.38	0.153	0.179	11.60	-4.34	1.08	1.77	-0.66	0.17
FUEL 3A	90%	1.04	17.142	20.110	13.72	0.00	0.76	235.18	0.00	13.01
FUEL DIARIO 1A	10%	0.64	0.142	0.167	14.47	4.52	0.57	2.06	0.64	0.08
FUEL DIARIO 2A	10%	0.64	0.142	0.167	14.47	-4.52	0.57	2.06	-0.64	0.08
FUEL 4A	90%	0.97	0.778	0.913	16.01	4.84	0.80	12.46	3.77	0.62
FUEL 5A	90%	0.97	0.779	0.913	16.01	-4.84	0.80	12.46	-3.77	0.62
FUEL 1B	90%	2.40	13.128	15.401	9.65	4.75	2.66	126.70	62.34	34.89
FUEL 2B	90%	2.40	13.129	15.402	9.65	-4.75	2.66	126.70	-62.35	34.89
FUEL DIARIO 1B	10%	0.65	1.082	1.270	13.60	4.85	1.36	14.72	5.25	1.47
FUEL DIARIO 2B	10%	0.65	1.082	1.270	13.60	-4.85	1.36	14.72	-5.25	1.47
FUEL 3B	90%	2.40	4.137	4.853	15.98	5.18	2.31	66.10	21.43	9.53
FUEL 4B	90%	2.40	4.137	4.853	15.98	-5.18	2.31	66.11	-21.43	9.54
ESP 1A	10%	0.73	0.275	0.268	18.58	4.67	0.39	5.11	1.29	0.11
ESP 1B	10%	0.79	1.613	1.574	19.34	5.05	1.35	31.21	8.14	2.18
ESP 2B	10%	0.79	1.613	1.574	19.34	-5.05	1.35	31.21	-8.14	2.18
ESP 2A	10%	0.73	0.275	0.268	18.58	-4.67	0.39	5.11	-1.29	0.11
A.S 1A	90%	1.15	4.254	4.66	16.41	0.00	0.58	139.62	0.00	4.96
A.F 2A	90%	1.15	4.254	4.66	16.41	0.00	0.58	139.62	0.00	4.96
ACIETE 1A	90%	1.16	13.234	14.385	18.53	0.00	0.58	245.21	0.00	7.64
LODOS Y REBOSOS	90%	90%	13.046	14.289	21.08	0.00	0.63	275.05	0.00	8.23
FUEL 6A	90%	0.99	22.850	26.806	25.11	0.00	0.73	573.79	0.00	16.71
FUEL 7A	90%	0.78	1.069	1.254	23.86	3.90	0.91	25.50	4.17	0.98
FUEL 8A	90%	0.78	1.069	1.254	23.86	-3.90	0.91	25.50	-4.17	0.98
FUEL 5B	90%	2.39	11.590	13.597	24.87	4.16	2.43	288.20	48.16	28.13
FUEL 6B	90%	2.39	11.590	13.597	24.87	-4.16	2.43	288.22	-48.16	28.13
REC OIL 1B	100%	2.77	5.668	6.649	3.89	4.99	5.22	22.02	28.30	29.60
REC OIL 2B	100%	2.77	5.668	6.650	3.89	-4.99	5.22	22.02	-28.30	29.60
REC OIL 3B	100%	1.43	41.146	48.270	5.12	0.00	5.66	210.46	0.00	232.68
FUEL 1C	90%	2.70	29.901	35.078	8.36	4.96	4.87	249.81	148.24	145.48



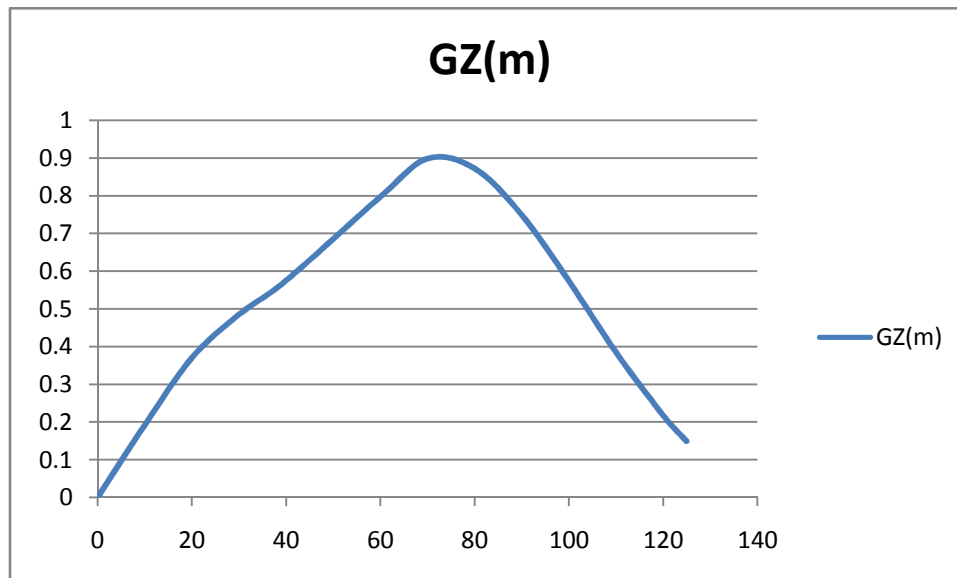
FUEL 2C	90%	2.70	29.902	35.080	8.36	-4.96	4.87	249.82	-148.25	145.49
FUEL 3C	90%	2.77	18.491	21.693	14.91	5.21	4.85	275.69	96.34	89.63
FUEL 4C	90%	2.77	18.492	21.694	14.91	-5.21	4.85	275.69	-96.34	89.63
Peso en Rosca	1		610.156		19.59	0.00	5.79	11951.13	0.00	3530.36
Peso de Víveres	1		2.000		18.65	0.00	6.37	37.30	0.00	12.74
Fluidos en circuitos 1			3.500		17.63	0.00	3.60	61.71	0.00	12.60
Tripulación	1		2.380		17.63	0.00	6.37	41.96	0.00	15.16
Pertrechos	1		90.000		18.60	0.00	6.37	1674.00	0.00	573.30
Equipos de seguridad, panol y resto	1		100.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total LOADCASE			1166.685	404.131	16.94	0.00	4.57	19759.67	-0.03	5331.48
FS corrección								0.45		
								5.02		

Resumen de la estabilidad y las características de hidrostáticas:

Ángulos (°)	0	10	20	30	40	60	70	80	90	100	110	120	125
GZ (m)	0	0.192	0.37	0.485	0.575	0.797	0.898	0.872	0.749	0.574	0.385	0.218	0.149
Estdin (m.deg)	0.00	0.96	3.81	8.12	13.44	26.89	35.45	44.40	52.56	59.20	63.99	66.98	67.89
Estdin (m.rad)	0.000	0.017	0.066	0.142	0.234	0.469	0.619	0.775	0.917	1.033	1.117	1.169	1.185
Δ (t)	1167	1167	1167	1167	1167	1167	1167	1167	1167	1167	1167	1167	1167
Tpr (m)	3.99	4.03	4.12	4.11	3.90	1.99	-0.94	-10.35	n/a	-28.33	-18.74	-15.55	-14.68
Tpp (m)	4.99	4.93	4.78	4.74	4.80	5.26	6.05	9.05	n/a	4.06	0.81	-0.33	-0.65
T _{LCF} (m)	4.61	4.58	4.50	4.45	4.36	3.52	2.27	-1.28	n/a	-12.60	-9.11	-7.96	-7.64
Tm (m)	4.49	4.48	4.45	4.42	4.35	3.63	2.55	-0.65	n/a	-12.14	-8.97	-7.94	-7.66
LWL (m)	40.74	41.18	41.21	41.20	41.13	40.40	37.99	39.42	40.21	41.16	41.95	42.05	41.82
B _{LWL} (m)	11.92	12.10	12.68	13.39	14.13	14.57	13.53	12.97	12.70	12.81	13.32	14.32	14.83
Área _{sumergida} (m ²)	622.40	619.88	627.80	645.90	659.24	677.98	679.44	679.58	676.47	670.61	669.45	672.24	676.18
Área _{flotación} (m ²)	389.90	388.61	371.35	347.58	338.28	333.27	320.42	299.99	292.23	286.12	284.98	288.18	291.24
Cp	0.54	0.54	0.54	0.55	0.54	0.52	0.53	0.49	0.47	0.45	0.44	0.44	0.44
Cb	0.46	0.46	0.39	0.34	0.31	0.31	0.36	0.35	0.33	0.29	0.26	0.24	0.23
LCB (m)	16.89	16.89	16.91	16.91	16.90	16.83	16.76	16.67	16.57	16.45	16.34	16.26	16.21
LCF (m)	14.24	14.48	15.57	16.94	18.04	19.81	20.11	19.82	19.46	19.14	18.88	18.66	18.55
TCF (m)	0.00	0.25	0.20	0.16	0.36	1.16	1.23	1.25	1.22	1.16	1.07	0.93	0.82
VCF (m)	4.61	4.63	4.58	4.54	4.67	5.53	5.64	5.82	5.90	6.04	6.19	6.36	6.48
KB (m)	2.74	2.80	2.95	3.17	3.47	4.34	4.88	5.35	5.77	6.16	6.53	6.90	7.09
KG (m)	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02
BMt (m)	3.39	3.42	3.17	2.95	3.09	3.81	3.48	3.01	2.84	2.66	2.63	2.74	2.83
BML (m)	34.03	33.65	30.82	27.05	25.04	23.72	22.93	21.20	20.70	20.22	19.68	18.98	18.72
GMt (m)	1.11	1.12	0.82	0.53	0.58	1.06	0.58	-0.04	-0.36	-0.65	-0.76	-0.71	-0.63
GML (m)	31.75	31.35	28.47	24.63	22.53	20.97	20.03	18.15	17.51	16.91	16.29	15.54	15.26
KMt (m)	6.13	6.16	5.92	5.73	5.84	6.24	6.07	5.87	5.77	5.70	5.64	5.56	5.50
KML (m)	36.76	35.93	31.90	26.59	22.65	16.19	12.70	9.02	5.77	2.69	-0.10	-2.40	-3.41
θ inclinCb (°)	1.54	10.09	20.02	30.01	40.01	60.03	70.04	80.04	90.00	99.89	109.67	119.33	124.10
θ Trimado (°)	1.54	1.38	1.02	0.96	1.37	5.01	10.63	27.55	90.00	41.04	27.72	22.25	20.66



La curva de estabilidad:



Se comprueban los criterios de estabilidad:

- Angulo de inundación: 83°
- $GM = 1.106 > 0.35$ en m
- Estabilidad dinámica a $30^\circ = 0.142 > 0.055$ en $m \cdot rad$
- Estabilidad dinámica a $40^\circ = 0.234 > 0.09$ en $m \cdot rad$
- $E_{din40} - E_{din30} = 0.093 > 0.03$ en $m \cdot rad$
- GZ a $30^\circ = 0.485 > 0.2$ en m
- GZ máximo es 0.904 m a 72.7° es mayor que 25°

El buque cumple todos los criterios de estabilidad

4.3.1. Condición del tiro

Los parámetros necesarios en esta condición son:

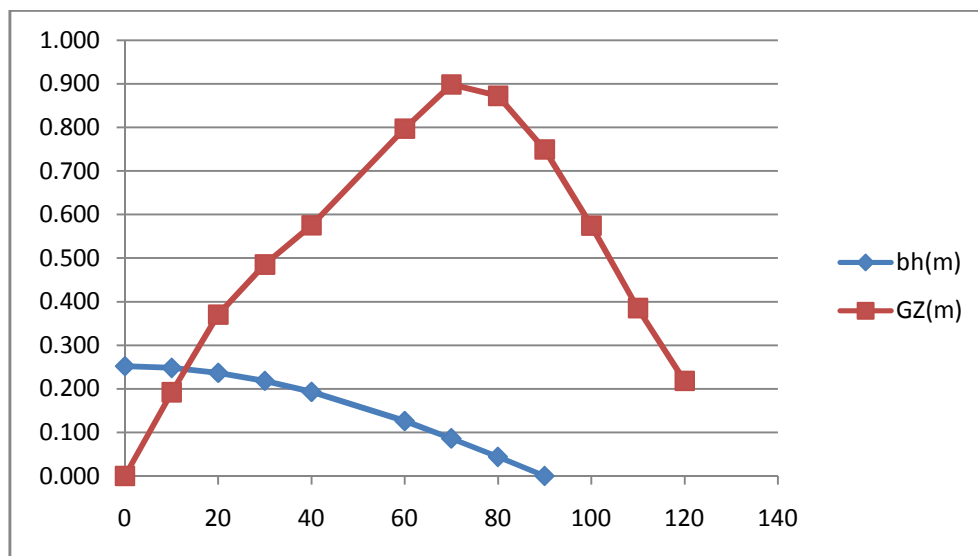
- T_m : Calado medio, 4.49 m
- T : tiro máximo a punto fijo, 60 t
- h : Distancia vertical entre el gancho del remolque y la mitad del calado, 4.9 m
- Δ : Desplazamiento, 1167 t
- c : Para buques con propulsión azimutales, es 1.00



El brazo escorante por efecto del tiro:

θ°	$bh(m)$
0	0.252
10	0.248
20	0.237
30	0.218
40	0.193
60	0.126
70	0.086
80	0.044
90	0.000

En la grafica siguiente se representa brazo adrizante y brazo escorante por efecto del tiro:



Se observa que:

θ_c : Angulo de intersección es 12.7°

θ_D : se toma el menor valor de los ángulos $(\theta_f, \theta_M, 40^\circ)$, 40° .

Se comprueba la estabilidad del barco en la situación del tiro mediante la siguiente área:

$$A = 0.10 > 0.011 \text{ en m} \cdot \text{rad} \text{ Si cumple}$$



4.3.2. Situación de arrastre

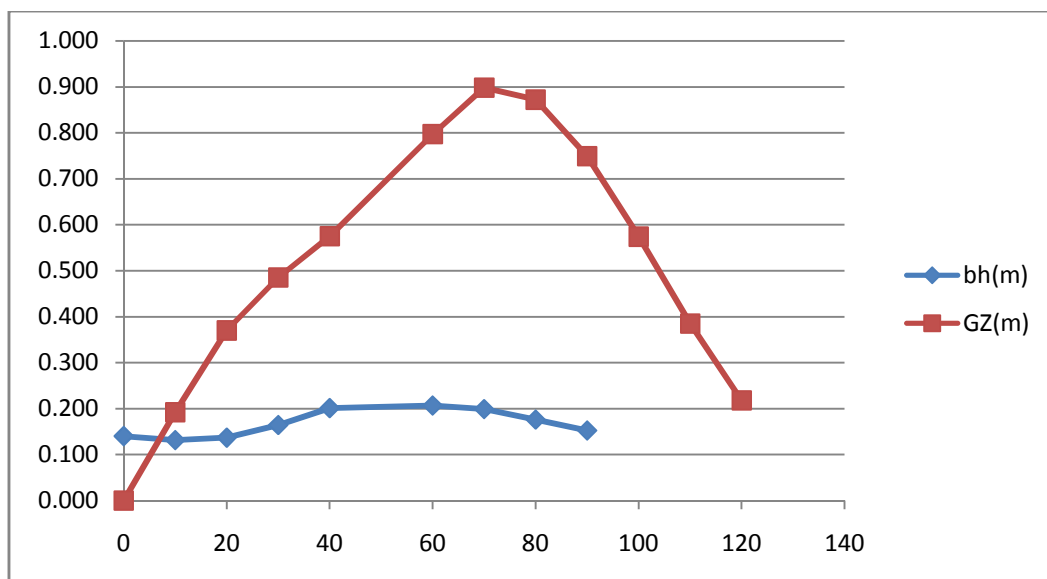
Los parámetros necesarios en esta condición son:

- A_p : Área sumergida proyectada sobre el plano diametral, 161.46 m^2
- h : Altura del gancho de remolque sobre la flotación, 2.65 m
- r : Radio del gancho de remolque, 1.52 m
- C_m : Calado medio en la maestra, 4.49 m

El brazo escorante de arrastre:

$\theta(^{\circ})$	C_2	C_3	$bh(m)$
0	1	0.5	0.140
10	1	0.5	0.132
20	1.024	0.6	0.137
30	1.228	0.7	0.165
40	1.456	0.84	0.201
60	1.911	0.84	0.207
70	2.138	0.84	0.199
80	2.252	0.84	0.177
90	2.366	0.84	0.153

En la siguiente grafica se representa el brazo escorante de arrastre con el brazo adrizante:



Se observa que:

θ_c : Angulo de intersección es 6.7°



θ_D : se toma el menor valor de los ángulos, 40° .

Se comprueba Los criterios de estabilidad de arrastre y de maniobra mediante las siguientes áreas:

- A= 3.36 deg.m
- B=1.796 deg.m
- C= 13.44 deg.m
- D= 5.4 deg.m

$$A / B = 1.87 \geq 1.25 \text{ si cumple}$$

$$C / D = 2.45 \geq 1.40 \text{ si cumple}$$

4.3.3. Situación Meteorológico

Los parámetros necesarios en esta condición son:

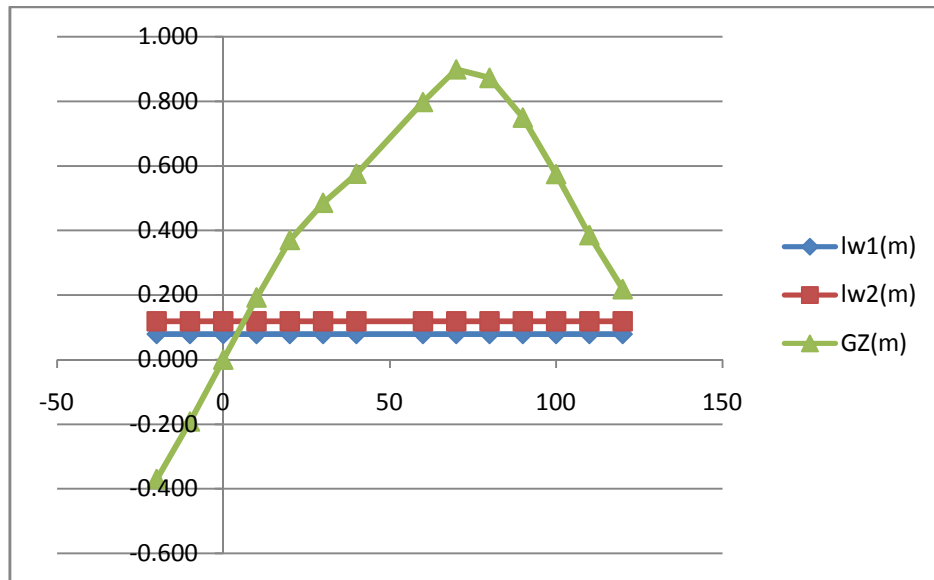
- P: Presión del viento en zonas de navegación sin restricciones es 504 N/m^2
- A: Área lateral proyectada por encima de la línea de flotación, 277.79 m^2
- Z: Distancia vertical del centro de área A al centro de área lateral bajo línea de flotación o al punto medio del calado, 6.49 m
- Δ : 1167 t

Se representa los brazos escorantes por condiciones de viento (viento de ráfagas y viento constante) y el brazo adrizante:

θ	$Lw_1(m)$	$Lw_2(m)$	$GZ(m)$
-20	0.079	0.119	-0.370
-10	0.079	0.119	-0.192
0	0.079	0.119	0
10	0.079	0.119	0.192
20	0.079	0.119	0.370
30	0.079	0.119	0.485
40	0.079	0.119	0.575
60	0.079	0.119	0.797
70	0.079	0.119	0.898
80	0.079	0.119	0.872
90	0.079	0.119	0.749
100	0.079	0.119	0.574
110	0.079	0.119	0.385
120	0.079	0.119	0.218



En la siguiente grafica se presenta los tres brazos (brazo adrizante, brazo escorante de viento constante y brazo escorante de viento a ráfagas):



Se observa que:

θ : Angulo de intersección entre el brazo escorante de viento a ráfaga lw_2 y la curva del brazo adrizante es 6° .

θ : Angulo de escora Debido al Viento Constante lw_1 es de 3.8°

θ_2 : Se toma el menor valor de los ángulos (θ_f , o 50° o θ_c), 50° .

θ_1 : Angulo de balance a barlovento es de 13.2° .

$$X1 = 0.955$$

- $X2 = 0.77$
- $K = 0.7$
- $r = 0.67$
- $s = 0.083$

Para los criterios de estabilidad se calcula y compara el área a y b:

- $a = 0.039 \text{ m.rad}$
- $b = 0.252 \text{ m.rad}$

Como $b > a$ si cumple



4.3.4. Condición de Contraincendios

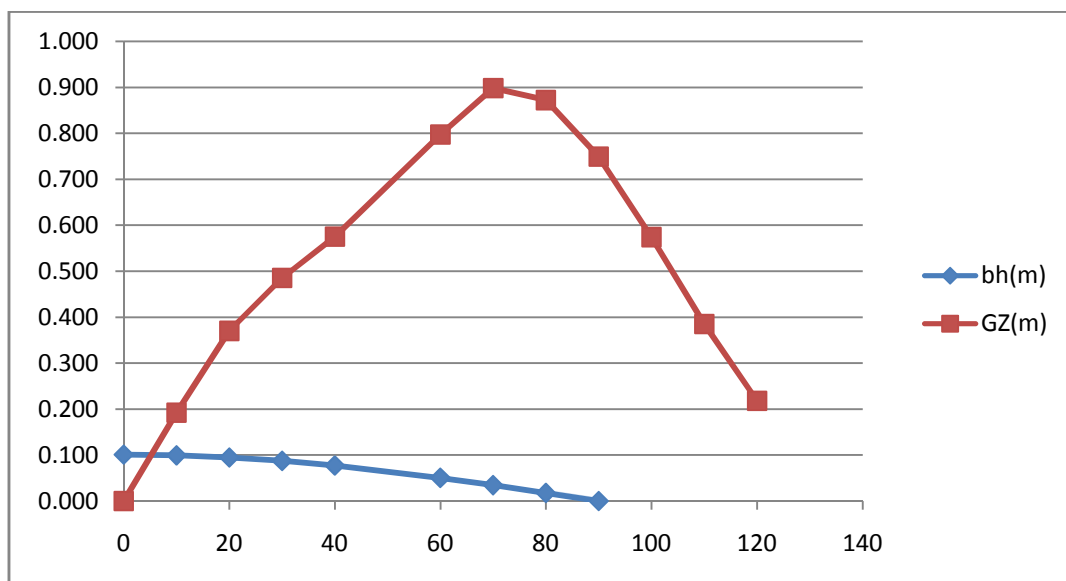
Los parámetros necesarios en esta condición son:

- R_1 : Fuerza de reacción del chorro de agua de cada monitor instalado a bordo, 3.5 t.
- h_1 : Distancia vertical entre la ubicación de cada monitor y la mitad del calado, 17.1 m
- S: Empuje relevante para maniobrar Hélice, 7.36 t
- e: Distancia vertical entre el eje del propulsor de maniobra y la quilla, 2.49 m.
- Δ : Desplazamiento, 1167 t
- T: Calado, 4.49 m

El brazo escorante por efecto del monitor:

θ	$bh(m)$
0	0.101
10	0.099
20	0.095
30	0.087
40	0.077
60	0.050
70	0.035
80	0.018
90	0.000

Se representa el brazo adrizante con el brazo escorante por efecto de monitor:





Se comprueba el criterio de estabilidad:

El ángulo de intersección entre la curva de brazo adrizante y la curva del brazo escorante es:

$$\theta_0 = 4.9^\circ < 5^\circ$$

Si cumple aunque tiene una escora significativa. El buque es capaz de soportar los efectos de las fuerzas de reacción producidas por los monitores de contraincendios.



4.4. Salida de puerto 100% + RECOIL

Resumen del contenido de los tanques:

Concepto	Porcentaje	Sounding(m)	W (t)	V(m ³)	Xc(m)	Yc(m)	Zc(m)	Mx(t.m)	My(t.m)	Mz(t.m)
LASTRE 1A	100%	0.62	0.082	0.08	30.14	0	2.317	1323.116	-0.002	101.716
LASTRE 1B	100%	3.28	43.899	42.829	37.605	0	8.366	115.085	0	25.603
LASTRE 1D	100%	2.8	3.06	2.986	34.877	0	2.761	92.913	0	7.356
LASTRE 2B	100%	2.4	2.664	2.599	35.207	0	5.233	433.22	-0.001	64.39
LASTRE 1C	100%	2.77	12.305	12.005	33.23	0	5.089	681.857	-0.001	104.415
AD 1C	100%	2.77	20.519	20.519	30.595	2.054	4.988	203.822	13.685	33.232
AD 2C	100%	2.77	6.662	6.662	30.595	-2.054	4.988	203.822	-13.685	33.232
AD 3C	100%	2.77	6.662	6.662	-3.587	0	5.745	-45.562	-0.001	72.968
AD 4C	100%	1.333	12.701	12.701	11.601	4.356	1.089	1.97	0.74	0.185
FUEL 1A	100%	0.378	0.17	0.199	11.601	-4.356	1.089	1.97	-0.74	0.185
FUEL 2A	100%	0.378	0.17	0.199	13.736	0	0.801	261.625	-0.001	15.263
FUEL 3A	100%	1.04	19.047	22.345	13.852	4.664	0.921	19.721	6.64	1.312
FUEL DIARIO 1A	100%	0.833	1.424	1.67	13.852	-4.664	0.921	19.725	-6.641	1.312
FUEL DIARIO 2A	100%	0.833	1.424	1.671	16.013	4.857	0.834	13.85	4.201	0.721
FUEL 4A	100%	0.965	0.865	1.015	16.013	-4.857	0.834	13.853	-4.202	0.722
FUEL 5A	100%	0.965	0.865	1.015	9.634	4.763	2.744	140.53	69.474	40.032
FUEL 1B	100%	2.4	14.587	17.112	9.634	-4.763	2.744	140.535	-69.477	40.034
FUEL 2B	100%	2.4	14.587	17.113	13.62	5.042	2.448	147.432	54.583	26.501
FUEL DIARIO 1B	100%	2.4	10.825	12.699	13.62	-5.042	2.448	147.436	-54.585	26.501
FUEL DIARIO 2B	100%	2.4	10.825	12.699	15.982	5.182	2.423	73.459	23.817	11.135
FUEL 3B	100%	2.4	4.596	5.392	15.982	-5.182	2.422	73.46	-23.818	11.135
FUEL 4B	100%	2.4	4.597	5.393	19.329	4.828	0.842	53.167	13.279	2.317
ESP 1A	100%	0.964	2.751	2.684	19.637	5.14	2.434	316.819	82.932	39.266
ESP 1B	100%	2.4	16.134	15.741	19.637	-5.14	2.434	316.838	-82.937	39.268
ESP 2B	100%	2.4	16.135	15.741	19.329	-4.828	0.842	53.178	-13.282	2.317
ESP 2A	100%	0.964	2.751	2.684	16.414	0	0.639	155.164	0	6.038
A.S 1A	100%	1.15	4.723	5.174	18.537	0	0.634	272.574	0	9.319
A.F 2A	100%	1.15	4.723	5.174	18.537	0	0.634	272.574	0	9.319
ACIETE 1A	100%	1.16	14.704	15.983	21.095	0	0.684	305.773	0	9.909
LODOS Y REBOSOS	100%	1.1	14.495	15.877	25.22	0	0.774	640.29	-0.001	19.653
FUEL 6A	100%	0.99	25.388	29.785	23.942	3.897	0.941	28.432	4.627	1.118
FUEL 7A	100%	0.783	1.188	1.393	23.942	-3.897	0.941	28.436	-4.628	1.118
FUEL 8A	100%	0.783	1.188	1.393	24.925	4.157	2.534	320.966	53.531	32.634
FUEL 5B	100%	2.39	12.877	15.107	24.925	-4.157	2.534	320.985	-53.534	32.636
FUEL 6B	100%	2.39	12.878	15.108	3.885	4.993	5.223	22.019	28.301	29.602
REC OIL 1B	100%	2.701	5.668	6.649	3.885	-4.993	5.223	22.02	-28.303	29.604
REC OIL 2B	100%	2.701	5.668	6.65	5.115	0	5.655	210.459	0	232.678
REC OIL 3B	100%	1.394	41.146	48.27	8.398	4.959	5.002	279.019	164.75	166.173
FUEL 1C	100%	2.77	33.223	38.976	8.398	-4.959	5.002	279.033	-164.76	166.182



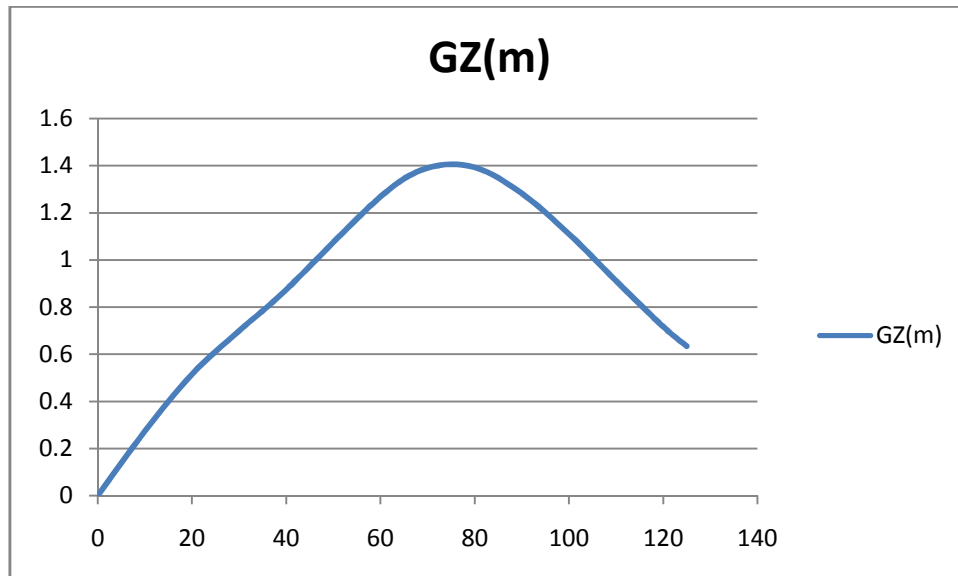
FUEL 2C	100%	2.77	33.225	38.978	14.94	5.21	4.985	306.962	107.044	102.422
FUEL 3C	100%	2.77	20.546	24.104	14.94	-5.21	4.985	306.965	-107.05	102.424
FUEL 4C	100%	2.77	20.546	24.104	19.587	0	5.786	11951.127	0	3530.362
PESO EN ROSCA	1		610.156		18.65	0	6.37	37.3	0	12.74
PESO DE VIVERS	1		2		17.63	0	3.6	61.705	0	12.6
FLUIDOS EN CIRCUITOS	1		3.5		17.63	0	6.37	41.959	0	15.161
TRIPULACION	1		2.38		18.6	0	6.37	1674	0	573.3
PETRECHOS	1		90		0	0	0	0	0	0
EQUIPOS DE SEGURIDAD, 1 PANOL Y RESTO			100		17.103	0	4.484	22071.866	-0.041	5786.868
Total LOADCASE			1290.54	535.145			0			
FS CORRECCION							4.484			

Resumen de la estabilidad y las características de hidrostáticas:

Ángulos (°)	0	10	20	30	40	60	70	80	90	100	110	120	125
GZ (m)	0	0.273	0.515	0.699	0.874	1.268	1.39	1.392	1.282	1.11	0.911	0.717	0.634
Estdin (m.deg)	0.00	1.38	5.36	11.46	19.31	40.67	54.05	68.06	81.50	93.49	103.60	111.73	115.09
Estdin (m.rad)	0.000	0.024	0.094	0.200	0.337	0.710	0.943	1.188	1.422	1.632	1.808	1.950	2.009
Δ (t)	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1291
Tpr (m)	4.63	4.66	4.71	4.66	4.42	2.49	-0.26	-8.86	n/a	-26.75	-17.96	-15.09	-14.29
Tpp (m)	5.10	5.04	4.95	5.01	5.21	6.23	7.64	12.30	n/a	7.33	2.47	0.84	0.35
T _{LCF} (m)	4.92	4.89	4.85	4.85	4.82	4.21	3.32	0.80	n/a	-10.67	-8.17	-7.36	-7.13
Tm (m)	4.86	4.85	4.83	4.83	4.81	4.36	3.69	1.72	n/a	-9.71	-7.75	-7.13	-6.97
LWL (m)	41.05	41.38	41.40	41.38	41.31	40.64	38.70	39.95	40.64	41.52	41.95	41.61	41.29
B _{LWL} (m)	11.92	12.10	12.69	13.67	14.43	14.53	13.49	12.97	12.75	12.84	13.36	14.37	15.10
Área _{sumergida} (m ²)	652.34	650.00	666.19	684.40	698.98	719.16	717.07	720.92	722.65	722.16	722.13	725.17	727.69
Área _{flotación} (m ²)	395.95	394.83	368.96	351.47	343.73	337.38	321.94	305.43	293.90	289.74	288.65	292.57	296.28
Cp	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.52	0.52	0.49	0.48	0.46	0.45	0.44	0.45
Cb	0.50	0.47	0.40	0.35	0.32	0.32	0.37	0.36	0.33	0.30	0.27	0.25	0.24
LCB (m)	17.08	17.09	17.09	17.09	17.07	16.99	16.93	16.84	16.73	16.60	16.49	16.37	16.32
LCF (m)	14.28	14.53	15.84	17.25	18.33	20.11	20.33	20.22	19.94	19.65	19.36	19.14	19.01
TCF (m)	0.00	0.22	0.04	-0.05	0.15	0.83	0.86	0.89	0.87	0.81	0.72	0.59	0.49
VCF (m)	4.92	4.93	4.86	4.82	4.94	5.65	5.69	5.85	5.96	6.07	6.18	6.34	6.43
KB (m)	2.93	2.98	3.11	3.31	3.60	4.45	4.94	5.38	5.77	6.12	6.47	6.81	6.99
KG (m)	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48
BMt (m)	3.13	3.15	2.76	2.80	3.01	3.56	3.21	2.80	2.56	2.46	2.44	2.57	2.69
BML (m)	32.09	31.67	28.31	24.99	23.17	21.99	20.98	19.82	18.80	18.31	17.57	16.86	16.53
GMt (m)	1.57	1.57	1.12	1.05	1.12	1.29	0.71	0.06	-0.42	-0.72	-0.92	-0.93	-0.87
GML (m)	30.54	30.09	26.66	23.23	21.28	19.73	18.48	17.08	15.82	15.13	14.22	13.37	12.98
KMt (m)	6.06	6.08	5.71	5.74	5.90	6.23	6.03	5.87	5.77	5.70	5.65	5.56	5.49
KML (m)	35.02	34.17	29.71	24.95	21.35	15.43	12.09	8.81	5.77	2.98	0.56	-1.43	-2.26
θ inclinCb (°)	0.73	10.02	20.00	30.00	40.01	60.04	70.05	80.05	90.00	99.87	109.64	119.27	124.02
θ Trimado (°)	0.73	0.59	0.36	0.53	1.21	5.75	12.00	29.63	90.00	42.49	28.77	23.18	21.48



La curva de estabilidad:



Se comprueban los criterios de estabilidad:

- Angulo de inundación: 79°
- $GM = 1.63 > 0.35$ en m
- Estabilidad dinámica a $30^\circ = 0.2 > 0.055$ en m·rad
- Estabilidad dinámica a $40^\circ = 0.337 > 0.09$ en m·rad
- $E_{din40} - E_{din30} = 0.137 > 0.03$ en m·rad
- GZ a $30^\circ = 0.699 > 0.2$ en m
- GZ máximo es 1.417 m a 75.5° es mayor que 25°

El buque cumple todos los criterios de estabilidad

4.4.1. Condición del tiro

Los parámetros necesarios en esta condición son:

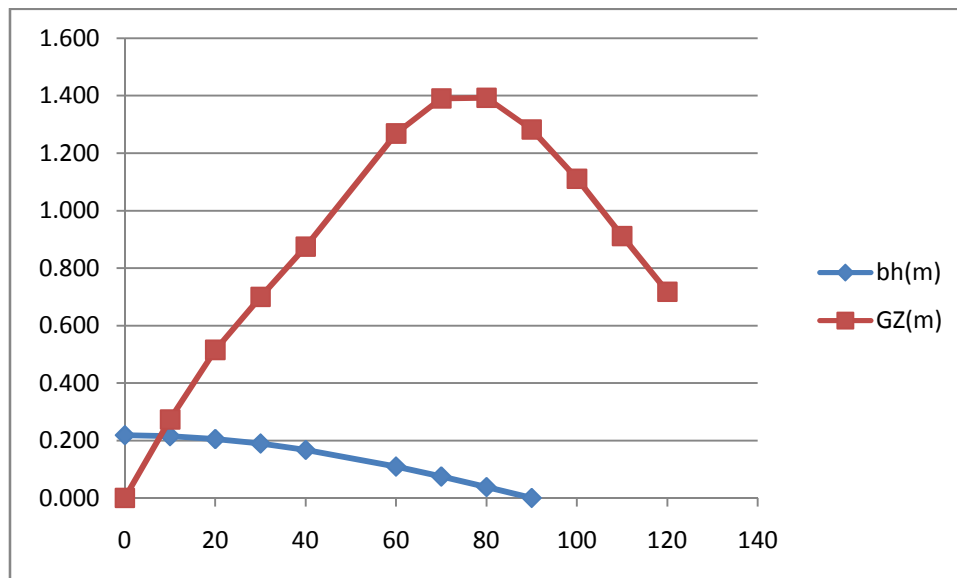
- T_m : Calado medio, 4.86 m
- T : tiro Máximo a punto fijo, 60 t
- h : Distancia vertical entre el gancho del remolque y la mitad del calado, 4.71 m
- Δ : Desplazamiento, 1291 t
- c : Para buques con propulsión azimutales, es 1.00



El brazo escorante por efecto del tiro:

θ°	$bh(m)$
0	0.219
10	0.216
20	0.206
30	0.190
40	0.168
60	0.109
70	0.075
80	0.038
90	0.000

En la grafica siguiente se representa brazo adrizante y brazo escorante por efecto del tiro:



Se observa que:

θ_c : Angulo de intersección es 9°

θ_D : Se toma el menor valor de los ángulos ($\theta_f, \theta_M, 40^\circ$), 40° .

Se comprueba la estabilidad del barco en la situación del tiro mediante el área siguiente:

$$A = 0.196 > 0.011 \text{ (m} \cdot \text{rad)} \text{ Si cumple}$$



4.4.2. Situación de arrastre

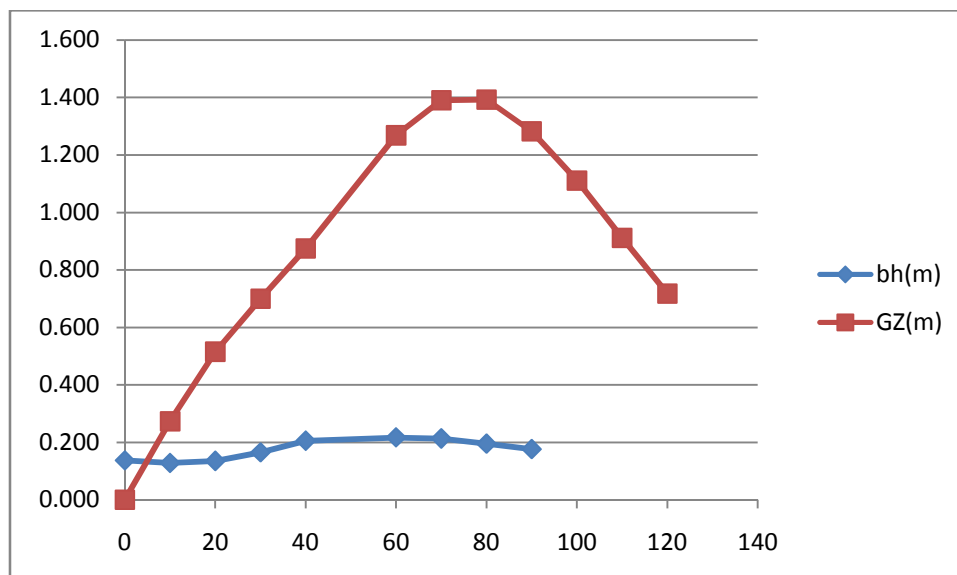
Los parámetros necesarios en esta condición son:

- A_p : Área sumergida proyectada sobre el plano diametral, 180.98 m^2
- h : Altura del gancho de remolque sobre la flotación, 2.28 m
- r : Radio del gancho de remolque, 1.52 m
- C_m : Calado medio en la maestra, 4.86 m

El brazo escorante por arrastre:

$\theta(^{\circ})$	C2	C3	bh(m)
0	1	0.5	0.137
10	1	0.5	0.128
20	1.024	0.6	0.135
30	1.228	0.7	0.165
40	1.456	0.84	0.205
60	1.911	0.84	0.217
70	2.138	0.84	0.213
80	2.252	0.84	0.195
90	2.366	0.84	0.176

En la siguiente grafica se representa el brazo escorante de arrastre con el brazo adrizante:



Se observa que:

θ_c : Angulo de intersección es 5°



θ_D : Se toma el menor valor de los ángulos, 40 °.

Se comprueba Los criterios de estabilidad del buque frente la operación de arrastre y de maniobra mediante las siguientes áreas:

- A= 4.86 deg.m
- B=1.995 deg.m
- C= 19.31deg.m
- D= 5.32 deg.m

$$A / B = 2.44 \geq 1.25 \text{ si cumple}$$

$$C / D = 3.63 \geq 1.40 \text{ si cumple}$$

4.4.3. Situación Meteorológico

Los parámetros necesarios en esta condición son:

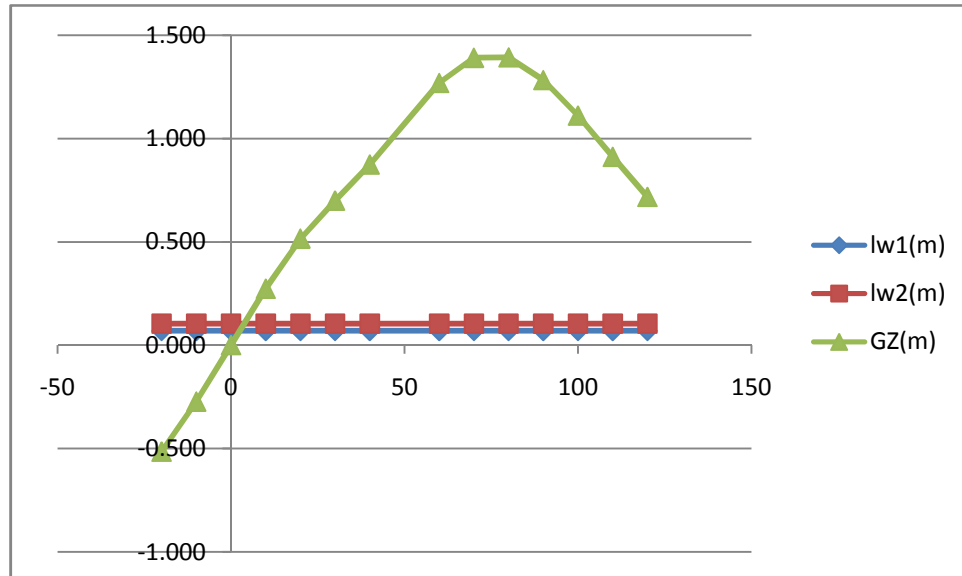
- P: Presión del viento en zonas de navegación sin restricciones es 504 N/m²
- A: Área lateral proyectada por encima de la línea de flotación, 264.20 m²
- Z: Distancia vertical del centro de área A al centro de área lateral bajo línea de flotación o al punto medio del calado, 6.63 m
- Δ : 1291 t

Se representa los brazos escorantes por condiciones de viento (viento de ráfagas y viento constante) y el barzo adrizante:

θ	Lw ₁ (m)	Lw ₂ (m)	GZ(m)
-20	0.070	0.105	-0.515
-10	0.070	0.105	-0.273
0	0.070	0.105	0
10	0.070	0.105	0.273
20	0.070	0.105	0.515
30	0.070	0.105	0.699
40	0.070	0.105	0.874
60	0.070	0.105	1.268
70	0.070	0.105	1.39
80	0.070	0.105	1.392
90	0.070	0.105	1.282
100	0.070	0.105	1.11
110	0.070	0.105	0.911
120	0.070	0.105	0.717



En la siguiente grafica se presenta los tres brazos (brazo adrizante, brazo escorante de viento constante y brazo escorante de viento a ráfagas):



Se observa que:

θ : Angulo de intersección entre el brazo escorante de viento a ráfaga lw_2 y la curva del brazo adrizante es 4° .

θ : Angulo de escora Debido al Viento Constante lw_1 es de 2.9°

θ_2 : Se toma el menor valor de los ángulos (θ_f , o 50° o θ_c), 50° .

θ_1 : Angulo de balance a barlovento es de 17.3° .

- $X_1 = 0.98$
- $X_2 = 0.85$
- $K = 0.7$
- $r = 0.783$
- $s = 0.095$

Para los criterios de estabilidad se calcula y se compara el área a y b:

- $a = 0.078 \text{ m.rad}$
- $b = 0.435 \text{ m.rad}$

Como $b > a$ si cumple



4.4.4. Condición de Contraincendios

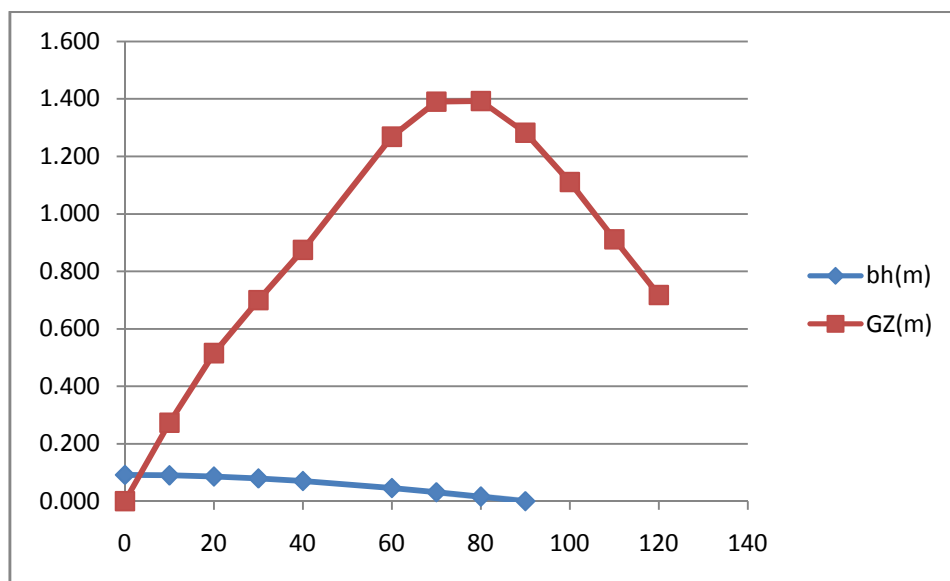
Los parámetros necesarios en esta condición son:

- R_1 : Fuerza de reacción del chorro de agua de cada monitor instalado a bordo, 3.5 t.
- h_1 : Distancia vertical entre la ubicación de cada monitor y la mitad del calado, 16.92 m
- S: Empuje relevante para maniobrar Hélice, 7.36 t
- e: Distancia vertical entre el eje del propulsor de maniobra y la quilla, 2.49 m.
- Δ : Desplazamiento, 1291 t
- T: Calado, 4.86 m

El brazo escorante por efecto del monitor:

θ	bh(m)
0	0.091
10	0.090
20	0.086
30	0.079
40	0.070
60	0.046
70	0.031
80	0.016
90	0.000

Se representa el brazo adrizante con el brazo escorante por efecto de monitor:





Se comprueba el criterio de estabilidad:

El ángulo de intersección entre la curva de brazo adrizante y la curva del brazo escorante es:

$$\theta_0 = 3.5^\circ < 5^\circ \quad \text{Si cumple}$$

El buque es capaz de soportar los efectos de las fuerzas de reacción producidas por los monitores contra incendios.



5. Resistencia Longitudinal: Pesos, Empujes, Esfuerzos Cortantes y Momentos Flectores

No se procede el cálculo de resistencia longitudinal en el caso de buques con eslora menor de 65 m.

6. Estabilidad después de Avería cuando lo requieren los reglamentos

Para buques de eslora inferior a 80 m, no se aplicarán las prescripciones de estabilidad en averías, y por lo tanto no es necesaria la determinación de la compartimentación. (SOLAS Capítulo II-1, Regla 6).



7. Referencias

- Apuntes de Hidrostáticas y Estabilidad de Luis Pérez Rojas
- Rules for the classification of Steel Ships, Bureau Veritas
- Dirección General de la Marina Mercante. Circular 2/79.



Cuaderno 12:

Presupuesto

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun
Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Introducción	3
2. Coste de construcción.....	4
2.1 Coste de casco.....	4
2.1.1 Coste de acero.....	4
2.1.2 Coste de otros materiales del casco.....	5
2.1.3 Materiales auxiliares para la construcción del buque.....	5
2.1.4 Preparación de superficie.....	6
2.1.5 Pintura y control de la corrosión.....	6
2.2 Coste de equipos, armamento e instalaciones asociadas.....	8
2.2.1 Equipo de fondeo, amarre y remolque.....	8
2.2.2 Medios de salvamento.....	9
2.2.3 Habitación de alojamientos.....	9
2.2.4 Equipo de fonda y hotel.....	10
2.2.5 Equipo de acondicionamiento de alojamiento.....	10
2.2.6 Equipo de navegación y comunicación.....	11
2.2.7 Equipo de contra incendios.....	11
2.2.8 Equipos convencionales del servicio de carga.....	11
2.2.9 Instalación eléctrica.....	12
2.2.10 Tuberías.....	12
2.2.11 Accesorios de Equipo, Armamento e Instalaciones.....	12
2.3 Maquinaria auxiliar de cubierta.....	14
2.3.1 Equipo de gobierno.....	14
2.4 Instalación propulsora.....	14
2.4.1 Motores propulsores.....	14
2.4.2 Equipo de Propulsor, propulsores transversales de proa.....	14
2.5 Maquinaria auxiliar de propulsión.....	16
2.5.1 Grupos electrógenos.....	16
2.5.2 Equipos de circulación, refrigeración y lubricación.....	17
2.5.3 Equipo de arranque de motores.....	17
2.5.4 Equipo de trasiego de combustible.....	18
2.5.5 Equipo de purificación.....	18
2.5.6 Equipos auxiliar del casco.....	19
2.5.7 Equipo sanitario.....	19



2.5.8	Varios.....	19
2.6	Instalaciones especiales.....	21
2.6.1	Equipo especial contra incendios exterior.....	21
2.6.2	Equipo de antipolución.....	21
2.6.3	Instalaciones y equipos específicos de remolcadores.....	21
2.7	Gastos varios.....	22
2.8	Beneficio industrial.....	22
3.	Resumen del Presupuesto.....	23
4.	Referencias.....	24



1. Introducción

De acuerdo con la Dirección General de la Marina Mercante. El presupuesto se desglosa en distintas partidas. En cada una de ellas se incluye el coste de los materiales y el coste de la mano de obra, esta última está en función de las horas empleadas en la realización del trabajo.

El coste se desglosa en las siguientes partidas:

- Casco.
- Equipo, armamento e instalaciones.
- Maquinaria auxiliar de cubierta
- Instalación propulsora.
- Maquinaria auxiliar de propulsión.
- Instalaciones especiales
- Costes varios de astillero, Cargos y respetos
- Beneficio industrial

Una vez teniendo el coste de construcción y el beneficio industrial podemos tener una idea sobre el coste de adquisición para el armador.

El proceso de la estimación de coste se puede variar debido a la fluctuación del mercado, la variación de los precios de materiales y equipos. En este caso es conveniente hacer una recopilación de información a partir de una base de datos de otros proyectos similares, datos facilitados por el astillero o sacados de catálogos de los diferentes fabricantes de forma que los precios se ajusten lo máximo posible a la realidad.

Para los cálculos que se muestran a continuación se utiliza dos parámetros relevantes, obtenidos a partir de un análisis de mercado:

Coste medio mano de obra será de 45 €/h

Precio del acero, chapas o perfiles se ha tomado en 800 €/toneladas



2. Coste de Construcción

El coste de construcción se puede estimar de la siguiente forma:

$$CC = CMg + CEq + CMO + CVa$$

Siendo:

CMg: coste de los materiales a granel

CEq: coste de los equipos

CMo: coste de la mano de obra

CVa: costes varios

2.1. Coste de Casco

Se desglosa el coste de material a granel en el coste de acero (chapas + perfiles), material que no constituye equipos comerciales y sus fijaciones (escalas, tecles, mamparos, tuberías, cables eléctricos, etc.).

2.1.1. Coste de acero

$$CMg = cmg \cdot WST = ccs * cas * cem * ps * WST$$

Siendo:

Ccs: coste ponderado de las chapas y perfiles, es depende de la propiedad mecánica del acero, para aceros de no alta resistencia el coste está entre $1,05 < ccs < 1,10$. Se toma 1.08.

Cas: aprovechamiento del acero, es depende del tamaño del buque, se permite coger un valor de $1,08 < cas < 1,15$, se toma un coeficiente de 1.11.

Cem: incremento por equipo metálico, es también depende del tamaño de buque. Dentro del intervalo $1,03 < cem < 1,10$ se escoge un valor de 1.06.

Ps: precio unitario del acero, se ha tomado en 800 €/t

El peso del acero es el peso de la estructura con un margen de soldadura que se ha estimado en el cuaderno de 'Peso en Rosca y el Centro de Gravedad'.

$$WST = 306.894 \text{ t}$$

El coste de acero será:

$$CMg = 311983 \text{ €}$$



Una aproximación de las horas de elaboración, prefabricación y montaje de casco, asignables al acero mediante la expresión siguiente:

$$H = 110 * WST * (1 + 0,3 * (1 - C_B))$$

$$H = 38549 \text{ horas}$$

Donde:

C_B : Coeficiente de bloque, 0.527.

2.1.2. Coste de otros materiales del casco

Este coste se puede estimar mediante la expresión siguiente:

$$P = 6 * 4 * L * T$$

$$P = 5194 \text{ €}$$

Donde:

L: Eslora reglamentaria, 40 m

T: Calado de escantillonado, 5.41 m

Las horas de fabricación, manipulación y montaje de estos tipos de materiales, se estima de la siguiente manera:

$$H = 25 + 60 * L^{1/3} * T$$

$$H = 1135 \text{ horas}$$

2.1.3. Materiales Auxiliares para la Construcción del buque

Son elementos que se consumen en las operaciones de construcción de casco y de soldadura como:

- Electroodos
- Oxígeno – Acetileno
- Remaches y tornillería

Su coste se estima según la expresión:

$$P = 7 * WST * (1000/166,6)$$

$$P = 12890 \text{ €}$$



2.1.4. Preparación de superficie

Se Trata de operaciones como el chorreo, cepillado y imprimación. Su coste puede estimarse según las suposiciones siguientes:

- Obra viva y flotación 10 € / m²
- Obra muerta 10 € / m²
- Cubiertas exteriores 10 € / m²
- S/E y chimenea 10 € / m²
- Accesorios S/E 10 € / m²
- Cámara de máquinas 17 € / m²
- Bodegas 17 € / m²
- Tanques de lastre 17 € / m²
- Piso cámara de maquinas 17 € / m²

Comparando con otros buque similares, el coste será de 76350 €. El número de horas estimado de mano de obra que se necesita para la preparación es de 1069 h.

2.1.5. Pintura y Control de la corrosión

El coste se estima a base de valores dados por astilleros y comparando con otros proyectos similares.

- Pintura exterior y interior del casco

Su coste se estima en función de buques similares de formas, 45260 €

- Pintura interior del casco

Su coste se estima alrededor de 44760 €

- Pintura de tuberías

El coste de la pintura de tuberías puede estimarse mediante la siguiente formula empírica:

$$P = 6 \cdot 0.3 \cdot (0.057 \text{ BHP} + 0.18 \text{ L}) \cdot 3$$

$$P = 1295 \text{ €}$$

- Protección catódica

El coste de la protección catódica puede estimarse mediante:

$$P = 6 \cdot 0.25 \cdot S_m$$

$$P = 1013 \text{ €}$$



Donde:

Sm es la superficie mojada, 675.14 m²

- Galvanizado

El coste del galvanizado se estimará en el 7,5% del coste total del pintado del casco, tanto interior como exterior.

$$P = 6752 \text{ €}$$

El coste total será de 99080 €, con una horas de trabajo aproximadamente de 4158 h.

En la tabla siguiente se resume el coste total del casco:

Casco	Material (€)	Mano de obra (h)	Mano de obra (€)	coste total (€)
Acero laminado	311983	38549	1734705	2046688
Otros materiales	5194	1135	51075	56269
Materiales auxiliares para construcción	12890	0	0	12890
Preparación de superficie	76350	1069	48105	124455
Pintura y control de la corrosión	99080	4158	187110	286190
Coste total				2.526.492 €



2.2. Coste de Equipos, Armamento e Instalaciones asociadas

2.2.1. Equipo de fondeo, Amarre y Remolque

Las horas correspondientes se pueden estimar como:

$$H = 27 \cdot Pa^{0.4}$$

$$H = 46 \text{ h}$$

Siendo Pa el peso de ancla en toneladas, según el cuaderno 'Equipos y Servicios' se debe instalar tres anclas de peso 1290 kg para cada una.

- Anclas

El coste de las anclas se estima como 2000 €/t para cada unidad, en total es 7740 €

- Molinete y cabrestantes

El precio del molinete se facilita su estimación por los catálogos comerciales del fabricante.

$$P = 27000 \text{ €}$$

Las horas correspondientes son:

$$h = L \cdot 2 \cdot N_m$$

$$h = 160 \text{ h}$$

Siendo N_m el número de cabrestantes, 2.

- Cadenas, cables y estachas

El precio se estima como:

$$P = d^2 \cdot L_c / 19.86$$

$$P = 19851 \text{ €}$$

Siendo:

d: diámetro de la cadena, 32 mm

Lc: longitud total de cadenas, 385 m



2.2.2. Medios de salvamento

Las horas se estiman mediante la siguiente expresión:

$$H = 300 + 1.5 \cdot N$$

$$H = 328.5 \text{ h}$$

Siendo: N número de personas (10 tripulantes y 9 náufragos), 19.

- Bote de rescate

El coste del bote puede estimarse viendo otros buques similares en 60000 €

- Balsa de salvavidas

El costo de cada balsa salvavidas puede estimarse mediante la expresión:

$$P = 1300 \cdot N_p^{1/3}$$

$$P = 2801 \text{ €}$$

Siendo N_p número de personas en cada balsa, será de capacidad de 10 personas.

Como se instalan dos balsas, el coste total es:

$$P = 5602 \text{ €}$$

- Resto de equipos de salvamento

El coste de aros, chalecos, señales, lanzacabos, etc., se estima:

$$P = 400 + 5 \cdot N$$

$$P = 495 \text{ €}$$

2.2.3. Habilitación de alojamientos

El coste se estima por la expresión:

$$P = 6 \cdot 40 \cdot Sh$$

$$P = 64800 \text{ €}$$

Siendo:

Sh , área de habilitación es 270 m^2 .

Las horas de mano de obra correspondientes pueden estimarse por 16 h/m^2 de alojamientos en la habilitación, serán en total 4320 h.



2.2.4. Equipo de Fonda y hotel

Las horas correspondientes pueden estimarse a partir de 115 h/persona:

$$P = 2185 \text{ h}$$

- Cocina y fonda

El coste puede estimarse por la expresión:

$$P = 6 \cdot 100 \cdot N$$

$$P = 11400 \text{ €}$$

- Gambuza frigorífica

$$P = 6 \cdot 300 \cdot V_g^{2/3}$$

$$P = 6970 \text{ €}$$

Siendo V_g es el volumen neto de la gambuza, 7.62 m^3

- Equipos de lavandería y varios

El coste de los equipos de lavandería se estiman en 240 €/persona, sería en total:

$$P = 4560 \text{ €}$$

2.2.5. Equipo de acondicionamiento de alojamiento

- Calefacción y Aire acondicionado

El coste del equipo se estima en 60 €/m² de espacio de habitación:

$$P = 60 \cdot S_h$$

$$P = 16200 \text{ €}$$

- Ventilación mecánica

El coste se estima mediante la fórmula siguiente:

$$P = 6 \cdot (175 \cdot N^{0.215} + 0.2 \cdot S_h^{0.25})$$

$$P = 1960 \text{ €}$$



Siendo:

N: número máximo de personas a bordo, 19 personas.

Sh: área de habilitación, 270 m².

2.2.6. Equipo de navegación y comunicación

Las horas de instalación de estos equipos se estiman de la siguiente manera:

$$H = 330 \cdot (N_{\text{equipos}} - 6)$$

$$H = 2640 \text{ h}$$

N_{equipos}, es número de equipos, 14.

El coste del equipo de navegación y comunicación estimado por otros buques similares es de 181200 €

2.2.7. Equipo de contraincendios

El coste de medios contraincendios en Cámara de Máquinas puede estimarse mediante la expresión:

$$P = 1.4 \cdot L_m \cdot B \cdot D_m$$

$$P = 1098 \text{ €}$$

Siendo:

L_m: eslora de cámara de maquinas, 16.8 m

B: manga de cámara de maquinas, 9.01 m

D_m: puntal de cámara de maquinas, 5.18 m

Las horas que se requieren para la instalación de los equipos CI se pueden estimarse en función de la eslora total del buque 5.5 h /L, serán:

$$H = 235 \text{ h}$$

2.2.8. Equipos convencionales del servicio de carga

Se estima el precio de grúa de acuerdo al catalogo del fabricante 168000 €



2.2.9. Instalación Eléctrica

Este coste se estima mediante la siguiente fórmula:

$$P = 80 \cdot Kw^{0.77}$$

$$P = 48228 \text{ €}$$

Siendo:

Kw: potencia eléctrica instalada

Las horas de montaje pueden estimarse mediante la expresión:

$$H = 4 \cdot Sh + 6 \cdot Kw$$

$$H = 25560 \text{ h}$$

2.2.10. Tuberías

El coste de las tuberías puede estimarse mediante la expresión:

$$P = 6 \cdot [450 + (0.015 \cdot L_m \cdot B \cdot D_m + 0.18 \cdot L) + BHP + 0.25 \cdot (3 \cdot L_m \cdot D_m \cdot B + Qq + 4 \cdot Sh)]$$

$$P = 40808 \text{ €}$$

Dónde:

Qq: Volumen de Bodegas

Las horas de montaje pueden estimarse mediante la expresión:

$$H = 11 \cdot BHP^{0.85}$$

$$H = 16543 \text{ h}$$

2.2.11. Accesorios de Equipo, Armamento e Instalaciones

Las horas de instalación se estimarán mediante la siguiente expresión:

$$H = 80 \cdot N + 56 \cdot (L - 15) + 0.9 \cdot L \cdot (B + D) + 2 \cdot L + 150$$

$$H = 3811 \text{ h}$$



- Puertas metálicas, ventanas y portillos

Se puede calcular mediante la expresión:

$$P = 6 \cdot 450 \cdot N^{0.48}$$

$$P = 11096 \text{ €}$$

- Escaleras, pasamanos y barandillado

$$P = 6 \cdot 3.7 \cdot L^{1.6}$$

$$P = 8122 \text{ €}$$

- Escotillas de acceso, lumbreras y registros

$$P = 6 \cdot 2.1 \cdot L^{1.5}$$

$$P = 3188 \text{ €}$$

- Accesorios de fondeo y amarre

$$P = 6 \cdot 3.1 \cdot (L \cdot (B+D))^{0.815}$$

$$P = 4031 \text{ €}$$

- Accesorios para la estiba de respetos con toldos y fondas

$$P = 6 \cdot 6.3 \cdot (L \cdot (B+D))^{0.68}$$

$$P = 3361 \text{ €}$$

Resumiendo los costes de equipos, armamento e instalaciones asociadas en la tabla:

Equipos y instalación	Coste (€)	Mano de obra (h)	Mano de obra (€)	Coste total(€)
Equipo de fondeo, amarre y remolque	54591	126	5670	60261
Medios de salvamento	66097	328.5	14782.5	80879.5
Habilitación de alojamiento	64800	4320	194400	259200
Equipo de fonda y hotel	22930	2185	98325	121255
Equipo de acondicionamiento de Alojamiento	18160	0	0	18160
Equipo de navegación y comunicación	181200	2640	118800	300000
Equipo se contra incendios	1098	235	10575	11673
Equipos del servicio de carga	168000	0	0	168000
Instalación eléctrica	48228	25560	1150200	1198428
Tuberías	40808	16543	744435	785243
Accesorios de equipo, armamento Instalación	29798	3811	171495	201293
Coste total				3 204 393 €



2.3. Maquinaria Auxiliar de Cubierta

2.3.1. Equipo de gobierno

Las horas de mano de obra se han estimado en función de la eslora total:

$$H = 33 \cdot L^{2/3}$$

$$H = 404 \text{ h}$$

2.4. Instalación propulsora

Las horas necesarias para la instalación del propulsor serán:

$$H = 10 \cdot \text{BHP}^{2/3} \cdot N_{\text{mp}}$$

Siendo N_{mp} : numero de motores propulsores, 2.

$$H = 3911 \text{ h}$$

2.4.1. Motores propulsores

Se estima el coste de cada motor principal mediante la siguiente expresión:

$$P = 13 \cdot N_c^{0.85} \cdot \text{DIAM}^{2.2} / \text{Rpm}^{0.75}$$

$$P = 68915 \text{ €}$$

Siendo:

- N_c : número de cilindros, 6.
- DIAM : diámetro de los cilindros, 260 mm
- Rpm : revoluciones por minutos, 1000 rpm

Como son dos motores principales:

$$P = 137830 \text{ €}$$

2.4.2. Equipo de Propulsor , Propulsores Transversales de proa

Las horas de mano de obra se pueden estimar mediante la siguiente expresión:

$$H = 700 + 0.44 \cdot \text{BHP} \cdot 2$$

$$H = 5513 \text{ h}$$



- Propulsores

El coste de los dos propulsores junto con los propulsores transversales de proa se estima a base de presupuesto de otros buques similares:

$$P = 2.170.000 \text{ €}$$

- Líneas de eje

Las horas para su instalación se estiman de la siguiente forma:

$$H = 0.85 \cdot \text{BHP} \cdot N_{mp}$$

$$H = 9298 \text{ h}$$

- Acoplamiento y Embargues

Se estima el coste mediante la siguiente expresión:

$$P = 1600 \cdot \text{BHP} / \text{rpm}$$

$$P = 8751 \text{ €}$$

En resumen del coste total de equipos de la instalación propulsora:

Equipos de instalación propulsora	Coste (€)	Mano de obra (h)	Mano de obra (€)	Coste total(€)
Maquinaria auxiliar de cubierta		404	18180	18180
Instalación propulsora	2316581	18722	842490	3159071
Coste total				3.177.251 €



2.5. Maquinaria Auxiliar de Propulsión

2.5.1. Grupos Electrógenos

- Motor - Generador

Las horas las estimaremos mediante la siguiente expresión:

$$H = 52 \cdot N_g \cdot K_w^{0.43}$$

$$H = 1104 \text{ h}$$

Siendo:

N_g : número de generadores, son 2.

K_w : potencia del generador, 243 kw.

Para estimar el coste del generador se basa en datos facilitados por el fabricante:

$$P = 6 \cdot [42 \cdot DIA^{2.2} \cdot N_c^{0.8} / rpm + 4000 \cdot (kW / rpm)^{2/3}]$$

$$P = 51584 \text{ €}$$

Siendo:

N_c : Número de cilindros, 6.

DIA : Diámetro de los cilindros, 152 mm

Rpm : revolución por minuto, 1500 rpm

Son dos grupos de generadores, el coste total:

$$P = 103167 \text{ €}$$

- Generador de emergencia

Las horas las estimaremos análogamente:

$$H = 52 \cdot N_g \cdot K_w^{0.43}$$

$$H = 294.5 \text{ h}$$



Siendo:

Ng: número de generadores, 1.

Kw, la potencia del generador, 56.4 kw.

El coste del generador de emergencia se estima de la misma manera basando en datos facilitados por el fabricante:

$$P = 6 \cdot [42 \cdot \text{DIA}^{2.2} \cdot \text{Nc}^{0.8} / \text{rpm} + 4000 \cdot (\text{kW} / \text{rpm})^{2/3}]$$

$$P = 16936 \text{ €}$$

Siendo:

Nc: Número de cilindros, 4.

DIA: Diámetro de cilindros, 105 mm

Rpm: revolución por minuto, 1500 rpm

2.5.2. Equipos de Circulación, Refrigeración y Lubricación

Las horas de mano de obra se estiman mediante la siguiente expresión:

$$H = 2250 + 0.18 \cdot \text{BHP}$$

$$H = 3365 \text{ h}$$

Siendo:

BHP= potencia total, incluyendo motores auxiliares, 6169.25 BHP

El coste se estima mediante la siguiente expresión:

$$P = 3.4 \cdot \text{BHP}$$

$$P = 20975 \text{ €}$$

2.5.3. Equipo de Arranque de motores

Las horas de mano de obra correspondientes se estiman en 100 h.

El coste se estima mediante la siguiente expresión:

$$P = 13 \cdot \text{N}_{\text{co}} \cdot \text{Q}_{\text{co}}$$

$$P = 874 \text{ €}$$



Siendo:

Nco: número de compresores, 2

Qco: caudal unitario, 33.6 m³/h

2.5.4. Equipo de Trasiego de Combustible

El coste se estima a base de presupuesto de otros buques similares:

$$P = 6500 \text{ €}$$

Las horas de mano de obra se estiman como:

$$H = 0.13 \cdot \text{BHP}$$

$$H = 802 \text{ h}$$

2.5.5. Equipo de Purificación

Las horas se estiman como:

$$H = (90 + 0.056 \cdot \text{BHP}) \cdot 2$$

$$H = 871 \text{ h}$$

- Purificadoras

El coste se estima de la forma siguiente:

$$P = 6 \cdot [1600 \cdot N_{pa} \cdot Q_{pa} + 790 \cdot N_{pc} \cdot Q_{pc}]$$

$$P = 32226 \text{ €}$$

Siendo:

N_{pa}: número de purificadoras de aceite, 1.

Q_{pa}: caudal unitario de purificadora de aceite, 2.32 m³/h

N_{pc}: número de purificadoras de combustible, 1.

Q_{pc}: caudal unitario de purificadora de combustible, 2.1 m³/h

- Equipo de manejo de lodos, derrames y trasiegos

El coste estimado es de 2200 €



2.5.6. Equipos Auxiliar del casco

Las horas estimadas de la instalación serán:

$$H = 420 + 0.47 \cdot L \cdot (B+D)$$

$$H = 789.5 \text{ h}$$

- Bombas de CI, de servicios generales y de sentinas

$$P = 6 \cdot [100 \cdot 2 \cdot Q_{bs}^{1/3} + 160 \cdot 2 \cdot Q_{ci}^{1/3} + 160 \cdot 25 \cdot Q_{ci}^{1/3} + 185 \cdot Q_{bs}^{1/3}]$$

$$P = 83365 \text{ €}$$

Siendo:

Q_{bs} : caudal de bomba de sentinas, $27.5 \text{ m}^3/\text{h}$

Q_{ci} : caudal de bomba de C.I, $25 \text{ m}^3/\text{h}$

- Separadora de sentinas

El coste de la separadora se estima en función del arqueado bruto:

$$P = 6 \cdot [26 \cdot TBR^{0.5} + 850]$$

$$P = 9523 \text{ €}$$

2.5.7. Equipo Sanitario

Las horas correspondientes pueden estimarse en alrededor de 130 h

El coste del grupo hidróforo se estima por la siguiente expresión:

$$P = 6 \cdot (110 \cdot N^{0.5})$$

$$P = 2878 \text{ €}$$

2.5.8. Varios

Se estiman 200 horas de montaje

- Ventilador de cámara de máquinas

$$P = 6 \cdot (1.25 \cdot N_v \cdot Q_v^{0.5})$$

$$P = 3749 \text{ €}$$



Siendo:

Nv: Número de ventiladores, 2

Qv: Caudal unitario de cada ventilador, 62460 m³/h

- Equipos de desmontaje

El coste de los equipos de desmontaje puede estimarse mediante la siguiente expresión:

$$P = 6 \cdot (0.14 \cdot \text{BHP})$$

$$P = 5182 \text{ €}$$

- Taller de maquinas

El coste se puede estimar en función de otros presupuestos de buques similares.

$$P = 4000 \text{ €}$$

Tabla de resumen de coste de maquinaria auxiliar a propulsión:

Maquinaria auxiliar de propulsión	Coste (€)	Mano de obra (h)	Mano de obra (€)	Coste total(€)
grupos electrógenos	120103	1398.5	62932.5	183036
Equipos de circulación, refrigeración y lubricación	20975	3365	151425	172400
Equipo de arranque de motores	874	100	4500	5374
Equipo de trasiego de combustible	6500	802	36090	42590
Equipo de purificación	34426	871	39195	73621
Equipos auxiliar del casco	92888	789.5	35527.5	128416
Equipo sanitario	2878	130	5850	8728
Varios	12931	200	9000	21931
				636.095 €



2.6. Instalaciones Especiales

Son costes relativos a los equipos correspondientes a misiones especiales que desempeña nuestro remolcador.

2.6.1. Equipo especial Contraincendios exterior

De acuerdo con la cota Fi-Fi1, los equipos correspondientes; Monitores, Bombas, Equipo de espuma y Número de equipos de bomberos, se estiman a base de otros proyectos similares:

$$P = 220000 \text{ €}$$

El tiempo de instalación se estima en 600 horas.

2.6.2. Equipo de Antipolución

El coste de este equipo será el precio de los tres partes: skimmer, bombas y tuberías y recogedor de mangueras.

$$P = 180000 \text{ €}$$

El tiempo de instalación se estima en 500 horas.

2.6.3. Instalaciones y Equipos Específicos de remolcadores

- Equipo de Remolque

El coste estimado es de 250000 €

Las horas correspondientes pueden estimarse mediante la siguiente expresión:

$$H = 36 \cdot L^{2/3}$$

$$H = 440.5 \text{ h}$$

- Defensas

El coste estimado es de 50000 €

El tiempo de la instalación se estima en 200 h.



Tabla de resumen de costes de instalaciones especiales:

Instalaciones especiales	Coste (€)	Mano de obra (h)	Mano de obra (€)	Coste total(€)
Equipo especial contraincendios exterior	220000	600	27000	247000
Equipo de antipolución	180000	500	22500	202500
Instalaciones y equipos específicos de remolcadores	300000	640.5	28822.5	328823
Coste total				778323 €

2.7. Gastos varios

Son costes originados en la etapa de proyecto debidos a la sociedad de clasificación del buque 'Bureau Veritas', relativos a los certificados necesarios para la operatividad del buque.

Estos costes se desglosan en diferentes partidas como:

- inspección del buque
- Botadura
- Proyecto
- Seguros
- Garantías bancarias
- Pruebas de mar
- Clasificación

El coste total de esta parte se estima como un 9 % del presupuesto

2.8. Beneficio industrial

Este coste está limitado por el precio del mercado, lo que ha obligado en demasiadas ocasiones al astillero a contratar con pérdidas. Una vez teniendo el presupuesto se le suma un porcentaje de beneficio industrial estimado en un 11 % del presupuesto.



3. Resumen del Presupuesto

	Mano de obra (h)	Material (€)
Casco	44911	2526492
Equipos e instalaciones	55749	3204393
Maquinaria auxiliar de cubierta y instalación propulsora	19126	3177251
Maquinaria auxiliar de propulsión	7656	636095
Instalaciones especiales	1741	778323
Gastos varios (9%)		929030
Beneficio industrial (11 %)		1135481
Presupuesto Total		12.387.064 €



4. Referencias

- El proyecto básico del buque mercante. Fondo editorial de Ingeniería Naval, Alvariño, R., Azpíroz, J.J., y Meizoso, M.
- Proyecto general del buque y gestión del proyecto. Meizoso Fernández, M. Sección publicaciones de la E.T.S.I.Navales. Junio 2006
- Tráfico marítimo; la financiación de buques y ayudas estatales a las empresas navieras y de construcción naval. Carlier, Manuel.
- Revista de Ingeniería Naval
- <http://www.nauticexpo.com/tab/guascor-f180t-sg.html>
- <https://www.perkins.com/cda/files/4349901/7/4.4TGM%20issue%203%20New%20look%20&%20feel.pdf>



Cuaderno 13:

Memoria final

Tutor: Ignacio Diez de Ulzurrun
Alumno: Aziza Al mazuzi



ÍNDICE

1. Exposición del grado de cumplimiento de los requisitos del proyecto.....	2
2. Esbozo de las modificaciones, posibilidad de otro ciclo de la espiral de proyecto.....	16



1. Exposición del Grado de Cumplimiento de los Requisitos del proyecto

En esta memoria se trata de dar un resumen sobre los requisitos estimados anteriormente y ver si cumplen con el margen permitido, con el fin de conseguir una optimización máxima del buque y de su funcionamiento.

Primer paso se detalla la especificación del proyecto, son datos de partida que marcan los cálculos y las condiciones de operación:

- Tipo de Buque: Remolcador de altura, salvamento, contra incendios y antipolución.
- Tiro a punto fijo: 60 t
- Clasificación y cota: bureau Veritas: AUT_UMS, Salvage TUG, OIL Recovery Ship, FIREFIGHTING_E and UNRESTRICTED NAVIGATION.
- Velocidad en pruebas: 12 nudos al 90% MCR
- Autonomía: 6000 millas
- Sistema de propulsión: Propulsión azimutal.
- Personas : 10 tripulantes y 9 Náufragos

Segundo paso, se crea una base de datos de varios remolcadores que deben contar con el mismo sistema propulsor y que desempeñar las mismas funciones (remolque, contra incendios, lucha contra la contaminación y salvamento). Se analizan las características del buque proyecto y se comparan con las de los buques de base construidos recientemente con buen diseño. A partir de este punto, se elige un buque base similar y se comienza el dimensionamiento, este proceso consiste en estimar lo mejor posible mediante una serie de regresiones las dimensiones principales:

- Dimensiones principales
- Estimación de la potencia.
- Estimación del desplazamiento
- Estimación del coeficiente de Bloque
- Estimación de las relaciones adimensionales

Teniendo ya las dimensiones principales del buque se ha empezado a diseñar un casco apropiado para el servicio al que va estar dedicado el buque. A tal efecto, se toma como punto de partida las formas de otro buque de características similares, y mediante una transformación afín se consiguen las dimensiones que deben coincidir con los estimados en el cuaderno de dimensionamiento:



	Dimensión sacada por regresión	Dimensión sacada por las formas
Eslora total (m)	----	42.7
Manga (m)	12	12
Puntal (m)	6.37	6.37
Eslora entre perpendiculares (m)	37.2	37.2
Calado (m)	4.97	4.97
Eslora de flotación, LwL (m)	----	40.8
Coefficiente prismático. Cp	0.577	0.553
Coefficiente de bloque. Cb	0.527	0.513
Coefficiente de maestra. Cm	0.913	0.928
Coefficiente de flotación. Cf	0.797	0.807

A la hora de analizar el grado de cumplimiento, se ha mantenido las dimensiones principales igual, mientras los coeficientes de carena han tenido una desviación poca significativa, eso debido a la homogeneidad de la transformación afín.

Al determinar las formas del buque, intervienen de manera decisiva en la potencia propulsora necesaria, velocidad, peso muerto y estabilidad, etc. Por lo tanto, en la realización de cuaderno de formas se ha tenido especial cuidado con los cálculos debido a la enorme influencia que tendrá en el resto del proyecto.

Nuestro buque se caracteriza por no tener prácticamente el cuerpo cilíndrico. El casco suele estar especialmente construido de forma hidrocónica definidas por superficie desarrollables, a popa esta con codillo, o bien es de fondo plano con las líneas de agua de forma ascendente, con el fin de que las corrientes de aspiración lleguen a las hélices sin turbulencias. El espejo de popa tiene una inclinación hacia proa por debajo de la flotación, para mejorar la navegación marcha atrás.

En cuanto al comportamiento en la mar, el casco tiene arrufo y un francobordo superior al reglamentario, para asegurar un buen comportamiento y poder mantener así la cubierta seca.

Las amurradas son más bajas en la parte de popa, por facilitar la tarea de remolque.

Por problemas de estabilidad, el buque lleva un quillote en el fondo montado desde la proa a popa, es un apéndice común entre todos los remolcadores, sirve para aumentar el área de deriva del buque, generando más estabilidad.

En cuanto a la maniobrabilidad, el remolcador a proa dispone de dos hélices transversales una a cada banda alojada en un túnel, ayudan también en la maniobra del buque remolcado.



Partiendo de las formas del buque, definimos el número de cubiertas. Una de las características principales de este tipo de buques es tener la superestructura a proa, dejando en popa una cubierta corrida para zona del trabajo (remolque), está cubierta es la resistente o la cubierta principal. Por encima se encuentra la cubierta de bote, la cubierta Castillo, la cubierta Puente y finalmente está el techo del puente de gobierno. Todas ellas están separadas por una altura entrepuente de 2800 mm.

En el doble fondo se colocan tanques de combustible, de aceite y de espuma. Como son tanques diferentes se deja un espacio de 600 mm (Cofferdam) entre cada uno cuando tienen un lado común. Sobre el doble Fondo a 1.2 m se sitúa la cámara de máquinas centrada entre las cuadernas 20 y 48 en la cubierta de plataforma. A Popa de la cubierta se encuentra el local de los propulsores azimutales y en proa los cuadros eléctricos y la cabina de control de cámara de máquinas.

Como es habitual en estos buques disponer de una cubierta principal, continua en toda la eslora y prácticamente sin arrufo. En la zona central del buque se deja un espacio corrido, con el chigre de remolque en crujía y los tangones de recogida de hidrocarburos en cada banda. A proa se empieza la habitación incluyendo hospital para más de 19 personas y camarotes para náufragos y enfermeras.

En la cubierta de bote se localiza a proa los camarotes de tripulantes, un salón, comedor y la cocina incluyendo las gambuzas, así también como el local del AACC y el del generador de emergencia. A popa el buque dispone de una grúa que permite el manejo de los tangones simultáneamente, y de un pescante para manejar el bote de rescate.

La cubierta castillo es la de la habitación principal, donde se encuentran los camarotes del Capitán, Jefe de Máquinas, oficial y medico, así como las oficinas y salas de reuniones. A proa proporciona el espacio requerido para las labores de amarre y fondeo.

Por último, el puente de gobierno, en la zona intemperie y en las bandas de la cubierta se encuentran cuatro monitores del servicio de contra incendios exterior. Se diseña el puente manteniendo 360º de visibilidad. Sobre el techo se encuentran los palos de luces, las antenas así como el mástil para la bandera.

Respecto al Cálculo de Arquitectura naval, primero se ha definido el espacio y la disposición de cada tanque. Esa disposición se condiciona por la necesidad de disponer de tanques para la recogida de aguas oleaginosas, así como por la necesidad de disponer de una determinada capacidad de combustible, debido a la autonomía del buque, 6000 millas y la velocidad del buque.



En cuanto al compartimentado de espacios, después de una descripción de elementos estructurales transversales, se diseña el compartimentado en función la clara entre cuadernas, 600 mm, y de las bulárcamas, 2400 mm, teniendo en cuenta los cuatros mamparos transversales.

Una vez que ya se ha conseguido modelar las formas, se ha pasado a realizar los cálculos de las características hidrostáticas, carenas rectas, con asiento nulo y hidrostáticas a diferentes trimados y asientos, obteniendo como resultado unas tablas en función de una gama de calados que varían entre un valor mínimo de 3 m y entre el calado de escantillonado de 5.41 m. En el siguiente paso se ha determinado las curvas KN en función de diferentes ángulos de escora y con un trimado variable.

Con ayuda del programa Maxurf Stability se ha hecho un resumen de la posición de los distintos tanques y sus centros de gravedad así como sus capacidades finales:

Tipo de tanque	Capacidad(m³)
Combustible	258.7
Servicio diario	28.7
Aceites en total	16
Agua dulce	46.5
Agua de lastre	60.5
Lodos y rebosos	15.9
Agua Sentinas	5.17
Aguas Fecales	5.17
Dispersante	18.4
Espuma	18.4
REC OIL	61.6

Es necesario los cálculos del Francobordo y el Arqueo exigidos por la reglamentación del “Convenio Internacional sobre líneas de carga” de la Organización Marítima Internacional:

- **Francobordo tabular :** 334 mm
- **Francobordo verano :** 670 mm
- **Francobordo tropical :** 656 mm
- **Francobordo invierno :** 684 mm
- **Francobordo atlántico norte:** 734 mm
- **Francobordo agua dulce :** 574 mm
- **Arqueo bruto :** 804 GT
- **Arqueo neto :** 241 GT



A partir de lo que se ha conseguido del cálculo de arquitectura naval junto al peso de rosca y el centro de gravedad del buque, se ha estudiado las situaciones de carga exigidas por la reglamentación de estabilidad establecida en España por la Inspección General de Buques y Construcción Naval, "Circular 2/79", "Estabilidad de Remolcadores" de la Marina Mercante y la sociedad de clasificación Bureau Veritas.

De acuerdo con lo descrito en dicha circular las situaciones de carga son:

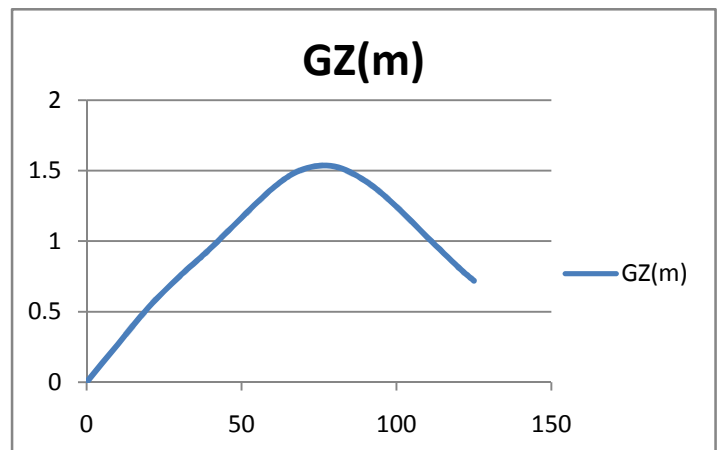
- Salida de puerto (100% consumos)
- Llegada a puerto (10% consumos),
- En navegación (50% consumos)
- Salida del puerto (100% consumos y 100% tanque de RECOIL)

Para cada situación de carga se tendrán en cuenta los criterios específicos del remolcador debido a las misiones especiales que suele desempeñar. De ahí se estudia las escoras generadas por esas tareas (tiro, arrastre y lucha contra incendios) y también por el efecto del viento y el balanceo, y se comprueba según los criterios exigidos por la sociedad de clasificación BV, si la estabilidad del buque en cada caso puede soportar o compensar esas escoras.

- Salida del puerto (100% consumos):

Estabilidad:

- $\theta_{inund} : 88.5^\circ$
- $GM = 1.526 > 0.35 \text{ m}$
- $E_{din30} = 0.206 > 0.055 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $E_{din40} = 0.354 > 0.09 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $E_{din40} - E_{din30} = 0.148 > 0.03 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $GZ(30^\circ) = 0.751 > 0.2 \text{ m}$
- $GZ_{m\acute{a}x}(76.4^\circ) = 1.538 > GZ(25^\circ) \text{ m}$



Condición del tiro: $A = 0.207 > 0.011 \text{ en m}\cdot\text{rad}$

Situación de Arrastre: $A/B = 2.43 \geq 1.25, C/D = 3.7 \geq 1.40$

Situación Meteorológico: $b = 0.439 > a = 0.08 \text{ m}\cdot\text{rad}$

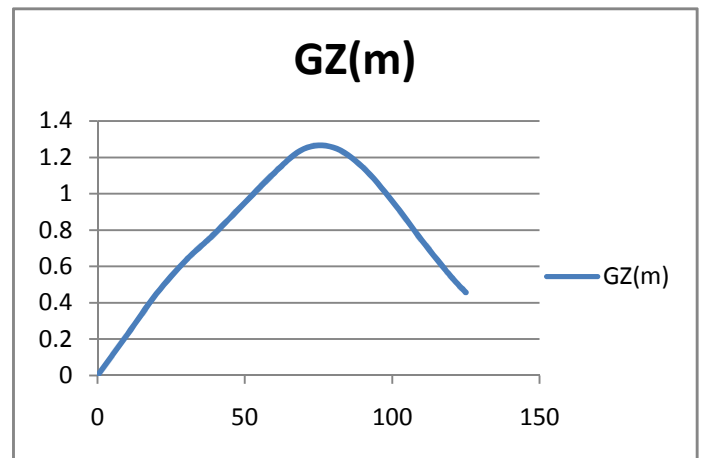
Condición de Contra incendios: $\theta_0 = 3.5^\circ < 5^\circ$



- Navegación 50 % de consumos

Estabilidad:

- $\theta_{inund} : 89.3^\circ$
- $GM = 1.273 > 0.35 \text{ m}$
- $E_{din30} = 0.173 > 0.055 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $E_{din40} = 0.297 > 0.09 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $E_{din40} - E_{din30} = 0.124 > 0.03 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $GZ(30^\circ) = 0.634 > 0.2 \text{ m}$
- $GZ_{m\acute{a}x}(75.5^\circ) = 1.266 > GZ(25^\circ) \text{ m}$



Condición del tiro: $A = 0.14 > 0.011$ en $\text{m}\cdot\text{rad}$

Situación de Arrastre: $A/B = 2.1 \geq 1.2$, $C/D = 3 \geq 1.40$

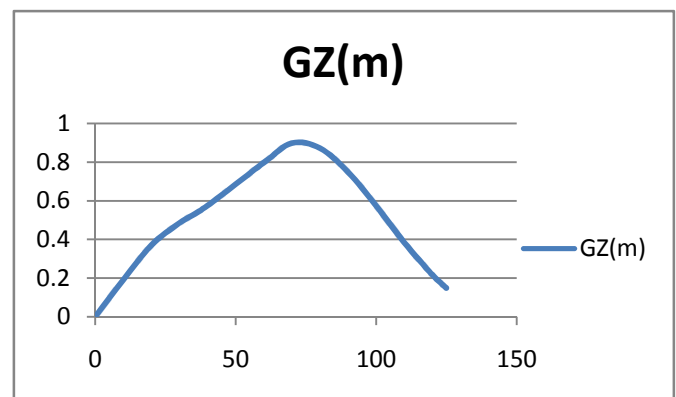
Situación Meteorológico: $b = 0.333 > a = 0.055 \text{ m}\cdot\text{rad}$

Condición de Contraincendios: $\theta_o = 4.3^\circ < 5^\circ$

- Llegada al puerto 10 % consumos

Estabilidad:

- $\theta_{inund} : 83^\circ$
- $GM = 1.106 > 0.35 \text{ m}$
- $E_{din30} = 0.142 > 0.055 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $E_{din40} = 0.234 > 0.09 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $E_{din40} - E_{din30} = 0.093 > 0.03 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $GZ(30^\circ) = 0.485 > 0.2 \text{ m}$
- $GZ_{m\acute{a}x}(72.7^\circ) = 0.904 > GZ(25^\circ) \text{ m}$



Condición del tiro: $A = 0.10 > 0.011$ en $\text{m}\cdot\text{rad}$

Situación de Arrastre: $A/B = 1.87 \geq 1.25$, $C/D = 2.45 \geq 1.40$

Situación Meteorológico: $b = 0.252 > a = 0.039 \text{ m}\cdot\text{rad}$

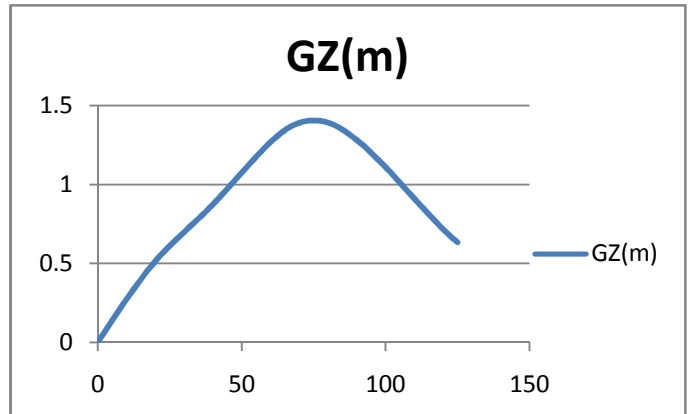
Condición de Contraincendios: $\theta_o = 4.9^\circ < 5^\circ$



- Salida del puerto 100 % + RECOIL

Estabilidad:

- $\theta_{inund} : 79^\circ$
- $GM = 1.63 > 0.35 \text{ m}$
- $E_{din30} = 0.2 > 0.055 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $E_{din40} = 0.337 > 0.09 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $E_{din40} - E_{din30} = 0.137 > 0.03 \text{ m}\cdot\text{rad}$
- $GZ(30^\circ) = 0.699 > 0.2 \text{ m}$
- $GZ_{m\acute{a}x}(75.5^\circ) = 1.417 > GZ(25^\circ) \text{ m}$



Condición del tiro: $A = 0.196 > 0.011 \text{ (m}\cdot\text{rad)}$

Situación de Arrastre: $A / B = 2.44 \geq 1.25, C / D = 3.63 \geq 1.40$

Situación Meteorológico: $b = 0.435 > a = 0.078 \text{ m}\cdot\text{rad}$

Condición de Contraincendios: $\theta_o = 3.5^\circ < 5^\circ$

Otro punto importante en el diseño de nuestro proyecto es la estimación de potencia y resistencia al avance mediante el método de "van Oortmerssen" y el método de "Holtrop". Para ello, se utilizó el programa "Hull Speed". La razón de usar los dos métodos a la vez era por generar una idea sobre el valor admisible de la potencia, la opción final era escoger la del método "van Oortmerssen" por lo que nuestro buque cumplía con sus rangos. Como resultado final es:

Velocidad (nudos)	Resistencia(kN)	Potencia (kw)
12	86.7	863

Para este tipo de buque, el propulsor se dimensiona para cumplir dos condiciones de operación:

- Navegación libre; El buque desarrolla la potencia del motor para que alcance la mayor velocidad posible.
- Operación del tiro; El buque debe desarrollar la potencia a bajas velocidades, dando la hélice el mayor empuje posible que servirá para el remolque.



De estas dos situaciones, como se comprobó en el cuaderno 05, el más exigente fue el tiro a punto fijo (60 t), a pesar de la alta velocidad necesaria. En primer paso se ha elegido una hélice tipo Kaplan en tobera 19 A por las ventajas que dispone, y luego se ha hallado el diámetro con la condición de cavitación comprobando si cumple mediante el criterio de Keller, también se ha tenido en cuenta el criterio de que el propulsor debe ser óptimo para un determinado diámetro, eso nos llevó a correr un cálculo de buscar las revoluciones óptimas en función de rendimiento del propulsor y de su geometría. Al final se ha elegido dos propulsores SPR 3000 de la casa Schottel a base de los resultados obtenidos:

Diámetro de la hélice, D	2.4 m
Altura del eje de inmersión, h	2.5 m
Numero de palas, Z	5
Relación área/disco, A_D/A_0	0.49
Relación paso /diámetro, H/D	0.975
Revoluciones del propulsor, n	200 rpm
Rendimiento de la hélice, η_p	0.58
Tipo de Propulsor	SPR 3000
Potencia	1500 KW
Peso	20 t
Revoluciones de entrada, n	750 rpm

Las palas del propulsor son tipo orientables permiten la operación a revoluciones constantes de los motores principales, por lo que es posible utilizarlos para accionar equipos auxiliares.

En cuanto a la maniobrabilidad el propulsor dispone de una tobera trabajado como timón de la siguiente dimensión:

- Longitud axial del perfil : 1200 mm
- Diámetro interior: 2424 mm
- Diámetro exterior: 2729 mm

También con la ayuda de las hélices transversales de proa se logra más maniobrabilidad:

- Propulsor: Schottel STT 3
- Potencia: 1100 Kw
- Revolución: 1470 rpm
- Diámetro: 1.74 m
- Peso: 6500 kg
- Diámetro del túnel: 1.78 m



A la hora de dimensionar el motor se partió de la potencia efectiva del propulsor y de rendimiento propulsivo, para obtener la potencia entregada al freno del motor, BHP, dato específico para elegir dos motores Wärtsilä 6L26 de 2040 Kw a cada uno, de revoluciones 1000 rpm con la condición de que el motor debe ser capaz de proporcionar el tiro de remolque. Cada motor dispone de una línea de eje conectada a un propulsor, lo que lleva a cabo de elegir una reductora de 1.34:1 por compensar la diferencia de revoluciones entre los dos.

El motor diesel es tipo de cuatro tiempos y de 6 cilindros, la elección de este motor se realizó fundamentalmente teniendo en cuenta el empacho y la potencia necesaria. En cuanto al combustible se exige el FUEL OIL de peso específico de 184 gr/Kw·h y densidad 850 kg /m³, debido que cumple la normativa IMO Tier II con emisión NO_x de 9 g / kWh.

Una vez tenemos la planta propulsora, se dimensiona los servicios para funcionamiento de la cámara de máquinas: combustible, refrigeración, aceite hidráulico, lodos, ventilación, extracción y exhaustación, servicios asociados al casco, servicios de cubierta y servicios de habilitación. Y se procede al dimensionamiento también de los equipos específicos para este tipo de buque como; remolque, lucha contraincendios exterior, lucha contra la contaminación, y salvamento.

A partir del numeral de equipo y de acuerdo con los reglamentos de Bureau Veritas, se ha obtenido las mínimas dimensiones que debe cumplir el equipo de remolque:

- Longitud mínima de Cabo de remolque: 180 m
- Carga de rotura de cabo de remolque: 250 kN
- Numero de cabos de amarre: 4

Además al buscar en buques similares y en casas comerciales de este tipo de equipos, nos lleva a elegir un equipo que dispone de tambor para enrollar 150 m de estacha de 80 mm de diámetro en 5 capas, más 20 m de cable de acero de 36 mm de diámetro.

Otro servicio de especial importancia es el de contraincendios exterior, siguiéndose en todo momento la normativa del capítulo II del SEVIMAR, las reglas de la administración española y las de la sociedad clasificadora, para determinar la capacidad y número de bombas necesarias, viene dado por la cota Fi-Fi1, bocas, mangueras:



Equipo	Clase 1
Numero de monitores	2
Capacidad monitores, c/u	1200 m ³ /h
Capacidad total de bombas	2400 m ³ /h
Altura del chorro	45 m
Alcance horizontal del chorro	120 m
Capacidad F.O para monitores	24 h
Conexiones manguera a cada banda	4
Número de equipos de bomberos	4

En cuanto al sistema de salvamento, los equipos correspondientes se eligen respecto a criterios establecidos por SOLAS:

- 2 aros de salvavidas uno a cada banda con rabiza flotante
- 2 con artefactos luminoso
- 2 con artefactos luminoso y señales
- 2 aros normales
- 19 chalecos tipo regidos
- 3 chalecos de guardia
- 1 bote de rescate tipo fuera bordo de capacidad 5 personas sentadas y uno tumbado.
- 3 trajes de protección contra intemperie
- 2 balsas salvavidas de capacidad 10 personas cada una.
- Aparatos de salvamento

En el servicio antipolución, se ha empleado el sistema Oil Skimmer es en forma de un anillo de estructura flotante accionado por una bomba hidráulica. Mediante unas mangueras hidráulicas se envía los hidrocarburos a un tanque de recogida. Las mangueras se mantienen flotando y unidas por los flotadores hinchables, y se recogen fácilmente en el carretel.

El resto de los servicios son servicios comunes entre todos los barcos, que también son exigidos por la sociedad de clasificación diseñarles y definirles como: servicios de fondeo y amarre, servicio de pintura y protección catódica del barco, servicio de gobierno; servicio de achique y sentinas; servicio de lastre, servicio de acceso, servicios a la carga, servicios a la habilitación y de Acomodación, servicios sanitarios, servicios informáticos de comunicaciones y de navegación, el ultimo Instalación eléctrica y el alumbrado.



Pasando a la parte eléctrica, en primer caso se realizó el balance eléctrico de diferentes consumidores para distintas situaciones eléctricas de cargas más habituales en el funcionamiento de este tipo de buque como; remolque, en navegación, lucha contra incendios y antipolución, en maniobra y durante estancia en puerto. El resultado del balance estimado es:

	Navegación	Remolque	FiFi-Antipo	Maniobra	Puerto
Potencia activa Total(kW)	176.5	215.3	201	178	92.2
Potencia aparente (kVA)	220.6	269.1	251.3	222.5	115.3

Una vez obtenido el balance eléctrico se dimensiona la planta eléctrica según las necesidades más exigentes. Empezando por seleccionar el tipo de corriente, tensión y frecuencia (380 V, 50 Hz) y elegir aquel estado que requiera mayor potencia (potencia consumida en situación de remolque de 215.3 kW). Por normativa se instaló dos grupos de igual potencia, siendo capaz cada uno de ellos funcionar por separado y proporcionar la potencia demandada en la situación más desfavorable y que sea la potencia dentro del régimen admisible 70% a 90% del MCR. Los grupos seleccionados son GUASCOR F180TB-SG 1500 rpm de 240 Kw.

GUASCOR F180TB-SG:

- Potencia y Rev : 240 Kw, 1500 rpm
- Cilindro modelo: 6L
- Cilindrada: 17.96 l
- Tensión – Frecuencia: 230/400V – 50 Hz
- Dimensiones: 3257 x 1006 x 1077 mm
- Peso: 3580 kg

En situación de emergencia se ha procedido calcular un balance para consumidores correspondiente al caso, nos da una potencia mínima incluyendo el rendimiento del generador, 46.2 kw, el grupo elegido es PERKINS 4.4 TGM de 56.4 con 1500 rpm.

PERKINS 4.4 TGM:

- Potencia y Rev : 56.4 Kw, 1500 rpm
- Numero de cilindros: 4 en línea
- Dimensión del cilindro: 105 mm x127 mm
- Ciclo : 4 carreras
- Aspiración: Turboalimentado
- Sistema de combustión: Inyección directa
- Relación de compresión: 19.3:1



- Cilindrada : 4.4 l
- Válvulas por cilindro : 2
- Dirección de rotación: Anti Las agujas del reloj visto desde el volante
- Orden de encendido: 1, 3, 4, 2
- Dimensiones: 884 x 688 x 920 mm
- Peso total: 505 kg

Adicionalmente se describen los cuadros de distribución y cables; la planta eléctrica lleva tres transformadores, 2 principales y 1 de emergencia de 380 /220 V. en cuanto a los cables se ha estimado la intensidad nominal para los generadores principales y de emergencia respectivamente son de 923 A y 107 A.

La estructura de buque de proyecto será transversal, de acuerdo con la sociedad de clasificación "Bureau veritas" para buques de eslora menor de 65, cabe mencionar que este tipo de buques no suele tener problemas de resistencia longitudinal. En estos buques son muy importantes las cargas locales, sobre todo en la parte baja de los tanques, debido a la presión. Se opta por la construcción del buque en acero calidad Naval A.

En primer lugar se ha escantillonado la estructura dividiendo el buque en tres partes: cuerpo central, cuerpo de proa y cuerpo de popa, y después se ha procedido el cálculo de espesores de plancha y de refuerzos, al final se ha modificado los escantillones por adición debida a la corrosión.

El módulo resistente de la sección maestra, fue calculado por dos modos, primero mediante una estimación teórica en Excel y el segundo mediante el programa 'Mars 2000' de 'Bureau Veritas'. Este cálculo se trata de estimar las cargas de diseño y de escantillonar los elementos estructurales de esa sección por los dos modos y que los resultados sean los más aproximados.

Modulo de Cuaderna Maestra:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| - Altura total de la sección: | $Z_D = 698.7 \text{ cm}$ |
| - Posición del eje neutro: | $N = 304 \text{ cm}$ |
| - Posición del eje neutro por Mars: | $N = 289 \text{ cm}$ |
| - Momento de Inercia de la sección: | $I_y = 443233994.2 \text{ cm}^4$ |
| - Modulo de fondo: | $Z_{AB} = 1458986.6 \text{ cm}^3$ |
| - Modulo de cubierta: | $Z_{AD} = 1122383.6 \text{ cm}^3$ |

Tensión normal en la cuaderna maestra:

- | | |
|--------------------|------------------------|
| - En $z = 0$: | 100 N/mm^2 |
| - En $z = 0.5 D$: | 0 N/mm^2 |
| - En $z = D$: | $- 100 \text{ N/mm}^2$ |



El escantillonado de la estructura es un dato de partida a la hora de estudiar el peso rosca del buque.

El peso en rosca se analiza a base de una estimación fiable de los varios pesos para poder realizar posteriormente un estudio de predicción de estabilidad. Esta estimación no deja de ser una aproximación que se ha intentado calcular con el menor margen de error posible. Para determinar el peso en rosca se ha desglosado en tres partidas; el peso de estructura, peso de la maquinaria y peso de la habilitación.

En cuanto al peso de estructura, se utiliza el acero calidad A de densidad 7.83 t/m^3 , con un modulo de Young de $2.06 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ de acuerdo con la sociedad de clasificación de Bureau Veritas.

En el cálculo del peso de la maquinaria y de la habilitación, se ha basado en expresiones empíricas, datos suministrados por los fabricantes, en la disposición general y dimensiones de equipos y sus centros de gravedad.

Se adjunta una tabla de resumen del peso y el centro de gravedad de cada parte, y así mismo el peso rosca total y su centro de gravedad:

	Peso(t)	Zg(m)	Xg(m)	Mz(m.t)	Mx(m.t)
Estructura	306.894	5.748	19.629	1764.027	6024.022
Equipo y habilitación	182.449	7.985	23.378	1456.855	4265.293
Maquinaria	120.813	2.564	13.756	309.7645	1661.904
Total Peso de Rosca	610.156	5.786	19.587	3530.647	11951.22

Por último se calcula el presupuesto del buque proyecto empleando expresiones empíricas o mediante una búsqueda también en los catálogos de diferentes fabricantes o astilleros, con el fin de que los precios se ajustas en lo máximo posible a la realidad.



En primer lugar se hizo un análisis de cada uno de los conceptos instalados en el buque, estimándose no sólo el precio de los equipos y materiales, sino también las horas necesarias para el montaje, calculándose el precio de la mano de obra en unos 45 €/h y el precio del acero, chapas o perfiles en 800 €/toneladas. Así se ha tenido el costo total del buque:

	Mano de obra (h)	Material (€)
Casco	44911	2526492
Equipos e instalaciones	55749	3204393
Maquinaria auxiliar de cubierta y instalación propulsora	19126	3177251
Maquinaria auxiliar de propulsión	7656	636095
Instalaciones especiales	1741	778323
Gastos varios (9%)		929030
Beneficio industrial (11 %)		1135481
Presupuesto Total		12.387.064 €



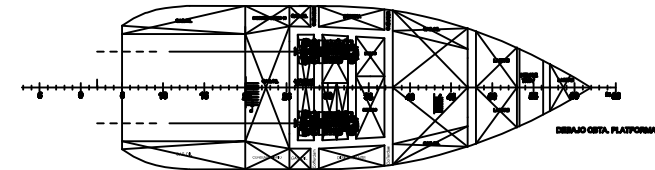
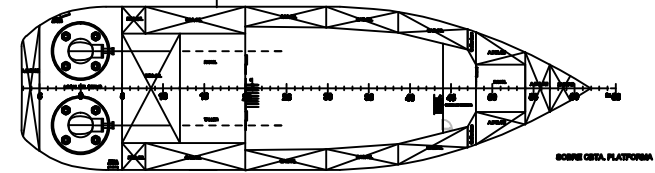
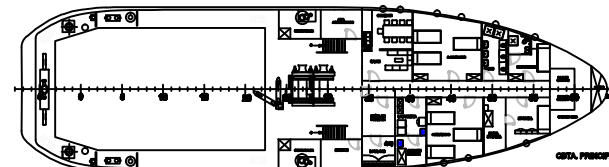
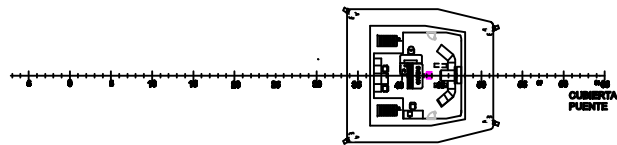
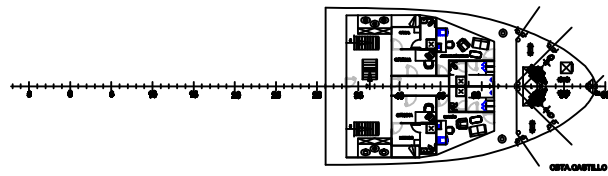
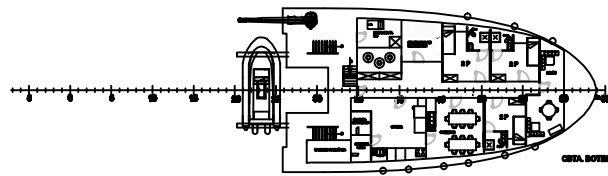
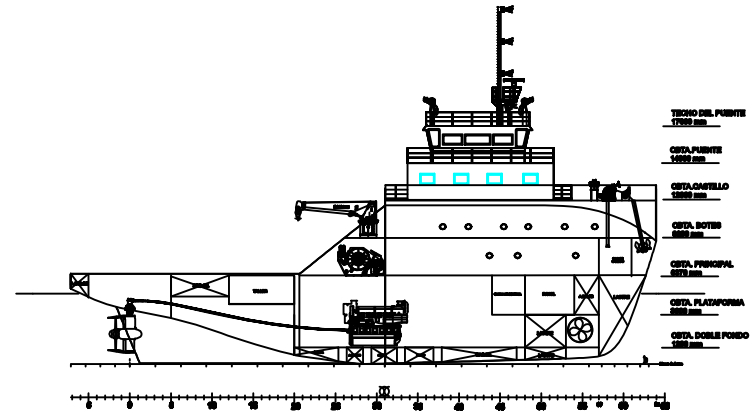
2. Esbozo de Modificaciones, Posibilidad de otro Ciclo de la Espiral de Proyecto

Tras de una búsqueda de buques similares y de proyectos recientemente diseñados, nos lleva a cabo a plantear la posibilidad de otro ciclo espiral de nuestro proyecto. En primer paso podría modificar uno de las principales dimensiones del buque para lograr un diseño óptimo en cuanto a la estabilidad y la hidrodinámica.

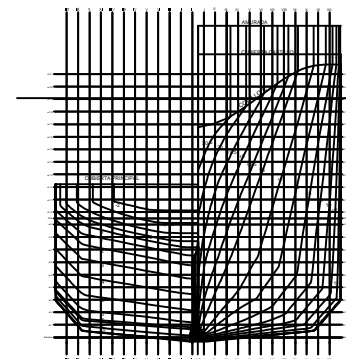
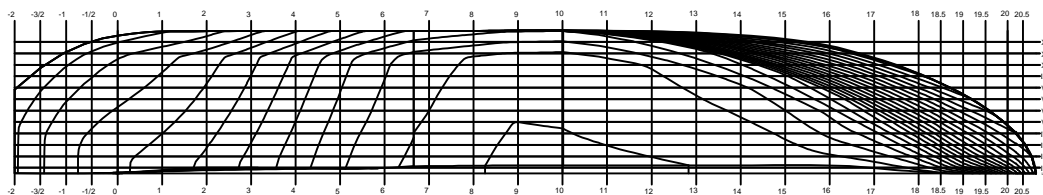
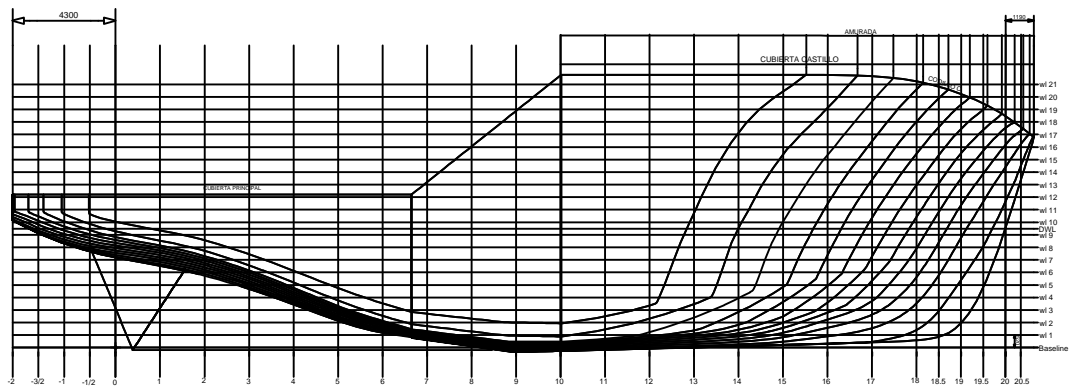
La estabilidad del nuestro buque debería ser más significativa de la que se ha conseguido. Como una solución será una modificación de manga /eslora hasta un cierto rango admisible para estos tipos de buques. O diseñar apéndices para compensar al máximo los momentos generados por movimientos del buque en condiciones severas o a la hora de ejercer las tareas especiales. También se puede jugar con la disposición de los tanques y de los pesos de equipos, de ahí surge pensar en hacer con más precisión la distribución y la estimación del peso en rosca y su centro de gravedad, aunque económicamente se aumentara el presupuesto del acero, pero se logra compensar la pérdida de desplazamiento que se ha estimado en la etapa de dimensionamiento comparando con el desplazamiento final.

En cuanto a la hidrodinámica se podía conseguir unas formas hidrodinámicas con menos problemas como el desprendimiento de capa límite y la fricción, mediante un estudio del CFD del comportamiento del agua sobre la curvatura del casco, con el fin de reducir la resistencia de avance y lograr mínima potencia necesaria y menos consumos, desde el punto de vista de eficacia.

Para llegar a un estudio estructural más aproximado, se necesita un análisis por medio de una herramienta avanzada y eficaz como el método de los elementos finitos, con unas buenas condiciones de contorno se aplica este programa para solucionar los problemas de concentración de tensiones en algunos puntos importantes. También con la ayuda del programa "Mars 2000" se logra escantillar la sección de maestra y comprobar si cumple los mínimos valores exigidos por "Bureau Veritas". Para que sea un estudio completo es necesario plantear también un análisis estructural para las superestructuras.



RESUMEN DE DATOS					
DESIGNACION	00 00				
TIPO DE VESICULA	00 00				
CLASE DE VESICULA	00 00				
CLASIFICACION	00 00				
<table border="1"> <tr> <td>FECHA DE ELABORACION</td><td>FECHA DE APROBACION</td></tr> <tr> <td>ELABORADO POR</td><td>APROBADO POR</td></tr> </table>		FECHA DE ELABORACION	FECHA DE APROBACION	ELABORADO POR	APROBADO POR
FECHA DE ELABORACION	FECHA DE APROBACION				
ELABORADO POR	APROBADO POR				



Características Principales

ESLORA TOTAL	42.78 M
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	37.2 M
MANGA	12 M
PUNTALE	6.97 M
CHALADO	4.97 M
CLARA ENTRE CUADERNAS	800 MM
DISTANCIA ENTRE LONGITUDINALES	476 MM

REMOLCADOR DE SALVAMENTO CONTRA INCENDIOS Y ANTIPOLOCION, PFC 239		
CLASIFICACION	BUREAU VERITAS STAR	PLANO DE FORMAS
ESUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES	FECHA 11/03/2014	
AZIZA AL MAJIDI	ESCALA 1/100	

(Todo en mm)



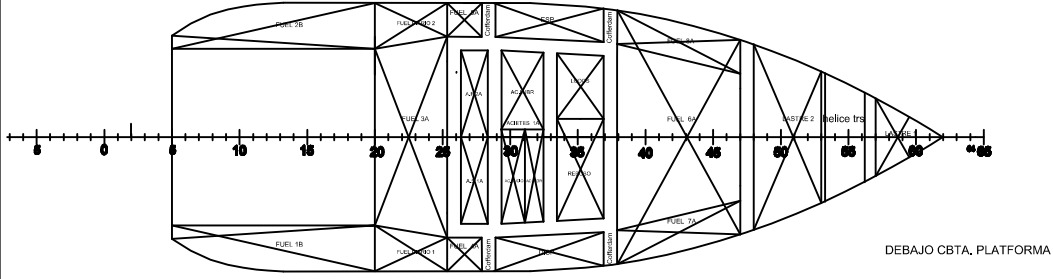
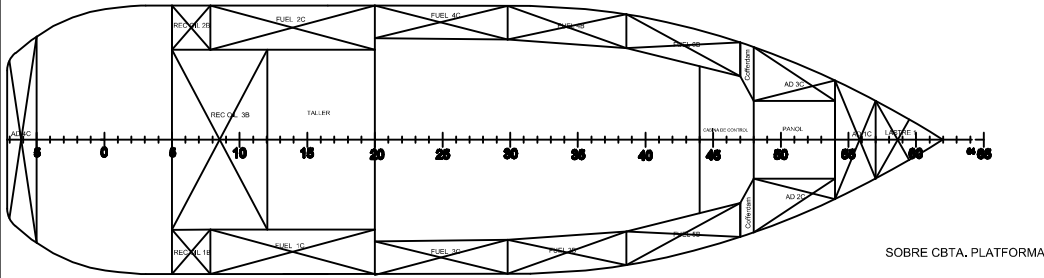
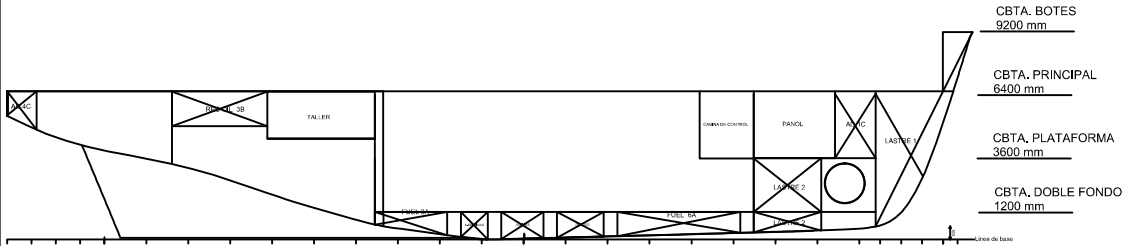
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

REMOLCADOR DE SALVAMENTO CONTRA INCENDIOS Y ANTIPOLUCION		PFC 239
CLASIFICACION :	BUREAU VERITAS STAR	CUADERNA MAESTRA
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES AZIZA AL MAZUZI		FECHA 7 /02 /2015 ESCALA 1/100



ESLORA TOTAL	42.78 M
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	37.2 M
MANGA	12 M
PUNTAL	6.37 M
CALADO	4.97 M
DISTANCIA ENTRE LONGITUDINALES	0.478 M

REMOLCADOR DE SALVAMENTO CONTRA INCENDIOS Y ANTIPOLICION PFC 239		
CLASIFICACION :	BUREAU VERITAS STAR	Cuaderna maestra
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES		FECHA 11/06/2014
AZIZA AL MAZUZI		ESCALA 1/100



Agua lastre en pique de proa Agua lastre a popa de helice transversal Agua lastre en pique de proa Agua lastre en pique de proa Agua lastre en pique de proa Agua dulce a popa de pique de proa Agua dulce lateral a popa ER Agua dulce lateral a popa BR Agua dulce en pique de popa GAS OIL doble fondo de CM GAS OIL lateral a doble fondo CM ER GAS OIL lateral a doble fondo CM BR GAS OIL lateral a popa ER GAS OIL lateral a popa BR Consumo diario lateral CM ER Consumo diario lateral CM BR GAS OIL lateral CM ER GAS OIL lateral CM BR Dispersante lateral de CM ER Espuma lateral de CM BR Agua sentinas doble fondo CM ER Agua fecales doble fondo CM BR Aceites doble fondo CM Lodos y rebosos doble fondo CM GAS OIL doble fondo de CM GAS OIL lateral en doble fondo CM ER GAS OIL lateral en doble fondo CM BR GAS OIL lateral CM ER GAS OIL lateral CM BR REC OIL lateral a popa ER REC OIL lateral a popa BR REC OIL a popa de taller GAS OIL lateral a popa ER GAS OIL lateral a popa BR GAS OIL lateral de CM ER GAS OIL lateral de CM BR	LASTRE 1 LASTRE 2 LASTRE 1 LASTRE 1 LASTRE 1 AD 1C AD 2C AD 3C AD 4C FUEL 3A FUEL 4A FUEL 5A FUEL 1B FUEL 2B FUEL DIARIO 1 FUEL DIARIO 2 FUEL 3B FUEL 4B DISP ESP A.S 1A A.F 2A ACIETE 1A LODOS Y REBOSOS FUEL 6A FUEL 7A FUEL 8A FUEL 5B FUEL 6B REC OIL 1B REC OIL 2B REC OIL 3B FUEL 1C FUEL 2C FUEL 3C FUEL 4C
---	---

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

ESLORA REGLAMENTARIA	40 M
MANGA DE ESCANTILLONADO	12 M
CALADO DE ESCANTILLONADO	5.41 M
CLARA ENTRE CUADENAS	0.6 M

REMOLCADOR DE SALVAMENTO CONTRA INCENDIOS Y ANTIPOLUCION PFC 239	
CLASIFICACION : BUREAU VERITAS STAR	DISPOSICION DE TANQUES
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES AZIZA AL MAZUZI	FECHA 5 / 02 / 2015 ESCALA 1/100

